Grundriss

der

Entwickelungsmechanik

Grundriss

der

Entwickelungsmechanik

Von

Wilhelm Haacke

Mit 143 Textfiguren

LEIPZIG

VERLAG VON ARTHUR GEORGI

(vormals Eduard Besold)

1897

Vorwort.

Vorliegender „Grundriss der Entwickelungsmechanik“ — das erste Werk seiner Art — ist ein Lehrbuch im ursprünglichen Sinne dieser Bezeichnung. Wenn ich ihm gleichwohl einen andern Titel gegeben habe, so geschah es wegen des Umstandes, dass man gegenwärtig vielfach als „Lehrbuch“ bezeichnet findet, was eigentlich den Titel Handbuch führen sollte. Letzteres zu sein, beansprucht mein Buch nicht. Es ist vielmehr dazu bestimmt, den Studierenden der theoretischen und angewandten Naturwissenschaften, der Medizin und der Philosophie, aber auch alle diejenigen Forscher, die die Entwickelungsmechanik nicht zu ihrem Spezialfach erwählt haben, dazu anzuregen, sich mit dem gegenwärtigen Stande dieser jungen Wissenschaft vertraut zu machen. Den Zoologen und Botaniker, den Anatomen, Physiologen und Pathologen, den Geologen und Geographen, aber auch den Mineralogen, den Physiker und Chemiker, den Mathematiker und Philosophen, endlich auch den gebildeten Praktiker möchte es unter seinen Lesern sehen. Es ist somit für alle bestimmt, die naturwissenschaftlich gebildet sind oder es werden wollen, der Entwickelungsmechanik aber noch nicht näher getreten sind. Aber wenn ich auch bemüht gewesen bin, das Buch dieser Bestimmung gemäss zu gestalten, so soll doch damit nicht gesagt sein, dass nicht auch der Entwickelungsmechaniker Neues, zum mindesten Anregendes, darin finden wird. Wenigstens hoffe ich dies. Denn mein „Grundriss“ trägt auch den Charakter einer Untersuchung, und die gebotene Art der Darstellung ist, wie es ja nicht anders sein kann, eine durchaus individuelle.

Seiner Eigenart gemäss zeigt das Buch schon auf den ersten Blick eine Physiognomie, die den Modernen als Neuerung erscheinen wird, in Wirklichkeit aber eine Rückkehr zu — ich wage zu sagen, der guten — alten Gewohnheit bedeutet, mit typographischen Hervorhebungen zu geizen. Abgesehen von ein paar Formeln, habe ich auf jeden Sperr-, Fett- oder Cursivdruck verzichtet. Dergleichen hat in systematischen Übersichten Zweck; in ein Lehrbuch gehört es nicht hinein, weil es zum Herumblättern verleitet und das nicht durch den

Druck Hervorgehobene als minder wichtig erscheinen lässt. Wer auffällige Hervorhebungen wünscht, mache sie selbst, wobei die Art der Darstellung ihm, wie ich hoffe, behilflich sein wird.

Wer das Buch aufmerksam liest, wird sicher Unzulässiges entdecken. Ich hoffe, dass schon der Anfänger dies thun wird. Denn nach dem Muster der Lehrbücher der Mathematik, in denen der Lernende Fehler auffinden muss, sobald er sie nicht auswendig lernt, sondern studiert, habe ich mein Werk abzufassen gesucht. Aber freilich, wer nicht zu starker Hirnanstrengung entschlossen ist, wird an dem vorliegenden Buche ebensowenig Vergnügen empfinden, wie an einem mathematischen Lehrbuche. Er lasse mein Buch lieber ungelesen, was ihm um so leichter werden wird, als es nicht zur Vorbereitung auf die gewerbsmässige Ausübung eines wissenschaftlichen Handwerks dienen soll. Und wie ich von dem Leser anstrengende Arbeit verlangen muss, so muss ich auch nicht minder den guten Willen bei ihm voraussetzen, unbarmherzig Lehren fallen zu lassen, mit deren Preisgabe, sei es aus nationalen oder individuellen Gründen, sei es aus Pietät vor einem Lehrer oder aus Furcht vor einer Autorität, empfindliches Unbehagen verbunden ist. Denn schonende Rücksichtnahme auf herrschende, aber von mir als falsch erkannte Lehren — ich nenne nur den Darwinismus — wird man bei mir vermissen. Leider liegen die Dinge in unserer byzantinistischen Zeit vielfach so traurig, dass ich geradezu zum „Verführer der Jugend“ werden und den Studierenden der Hochschulen, wenigstens im Allgemeinen, raten muss, den Vorlesungen ihrer Meister in der Entwickelungslehre Kritik entgegenzubringen.

Das grösste Misstrauen erbitte ich aber auch für mein Buch selbst. Es wird vieles bringen, was sich nicht dauernd halten lässt. Denn ich habe während meiner Beschäftigung mit der Entwickelungslehre manche früher gehegte Anschauung und geliebte Theorie — darunter auch Lehren, für die ich selbst verantwortlich bin — verabschieden müssen. Die Veränderungen meines Standpunktes zu vertuschen, bin ich nirgends bemüht gewesen, weshalb ich hier auch kaum Rücksichten irgend welcher Art auf meine früheren Schriften — diese mag der sich dafür interessierende Leser im Original lesen — genommen habe. Freilich habe ich Differenzen zwischen Jetzt und Ehedem auch nicht besonders hervorgehoben, weil ein Lehrbuch nicht der Ort dazu ist. Indessen sei für meine Freunde das wenigstens bemerkt, dass ich mir die Lehre von der Vererbung erworbener Eigenschaften hier anders zurechtgelegt habe als früher, und dass ich mich jetzt von allen mir bisher anhaftenden Schlacken aus meiner darwinistischen Zeit frei fühle. Leicht sind mir die betreffenden Wandlungen nicht geworden, wie es denn auch vielfach als charaktervoll gilt, an einmal ausgesprochenen Meinungen festzuhalten. Aber ehrlich ist allein, wer das als

falsch Erkannte über Bord wirft, auch dann, wenn er es selbst vorgebracht oder eifrig vertreten hat und Gefahr läuft, seine Anhänger — einige wenige zähle auch ich — irre zu machen. Wer diese Gefahr meidet, beweist dadurch nur, dass ihm die Lust am Schulemachen über das Hochgefühl des Bekennens der Wahrheit geht, die doch das grösste Heiligtum des Forschers sein muss. Übrigens bitte ich aus dem Umstande, dass ich vieles, was in meinen früheren Arbeiten zu finden ist, hier unberücksichtigt liess, nicht den Schluss zu ziehen, dass ich alles hier Vermisste aufgegeben habe. Das ist keineswegs der Fall. Eine besondere Kritik meiner früheren Anschauungen behalte ich mir vor, um damit ein Versprechen einzulösen, das ich im Vorworte zu meinem Buche „Gestaltung und Vererbung" (Leipzig, 1893) gegeben habe.

Von irgendwelcher typographischer Hervorhebung sind natürlich auch die in dem Buche angeführten Autorennamen ausgeschlossen geblieben. Die zeitgenössische Gepflogenheit, sie aus dem Texte hervorleuchten zu lassen, hat thatsächlich schon zu der freilich unbewussten Anschauung verführt, es handle sich in der Wissenschaft vielmehr um die Kenntnis der Leistungen und Ansichten der Forscher als um die des Gegenstandes der Forschung. Für die Bedeutung anerkannter Wahrheiten ist es aber ganz gleichgiltig, wer diese entdeckt hat. Autorennamen habe ich deshalb im Haupttexte kaum angeführt, und auch im Kleingedruckten meistens nur soweit, als es sich um Meinungen und Ansichten handelt. Über diese habe ich ebendaselbst fast nichts anderes gesagt, als Thatsächliches, wodurch freilich nicht verhindert werden konnte, dass sie dem Leser nicht immer in dem besten Lichte erscheinen werden. Gebührende Anerkennung wollte ich aber niemandem versagen und, konsequenterweise, notwendigen Tadel nirgends unausgesprochen lassen. Beides glaube ich durch die gewählte Darstellungsform des Haupttextes unter Vermeidung alles Persönlichen erreicht zu haben. Persönliche Angriffe in Lehrbüchern werden ja mit Recht als tadelnswert angesehen. Wer aber nicht, wie man zu sagen pflegt, „persönlich werden" will, der befleissige sich auch der Konsequenz bei der Beobachtung dieses löblichen Vorsatzes. Denn ebensowenig wie für Angriffe auf Personen ist ein Lehrbuch der Ort für Reverenzen vor ihnen, die man merkwürdigerweise oft nicht für persönlich hält. Im vorliegenden Grundriss wird man sie vermissen. Vermissen wird mancher auch Referate über diese oder jene seiner Arbeiten. Ihm gebe ich zu bedenken, dass ich auch im Selbstzitieren zurückhaltend gewesen bin. Überdies wollte ich das Buch auf einen mässigen Umfang, der es vielen zugänglich machen sollte, beschränken und keine Sammlung von Referaten liefern. Ich wollte zum Nachdenken, zur Kritik, zum Beobachten anregen, d. h., soweit es durch ein solches Buch geschehen kann, die Wissenschaft fördern. Deren Zweck ist Naturerkennen und kann

nur erreicht werden, wo ihre Jünger unablässig nach Vertiefung ihrer Einsicht in den Zusammenhang der Dinge streben. Das darf ich von mir selbst behaupten, weshalb ich nicht verhindern konnte, dass auch dieses Buch an vielen Stellen mühsames Ringen verrät. Aber es ist ja ein Lehrbuch, dessen Hauptzweck es ist, seine Leser zum Mitringen anzuregen, die jüngeren darunter den Wert selbständigen Denkens und die Würdelosigkeit der grossen Zunft der modernen gelehrten Herdenmenschen erkennen zu lassen.

Das Buch muss mehr als einmal gelesen werden. Dem Anfänger in der Entwickelungsmechanik möchte ich raten, bei erstmaliger Lektüre das Kleingedruckte zu überschlagen. Das Register ist ausschliesslich für den bestimmt, der das Buch schon kennt. Es soll durchaus keine vorläufige Orientierung darüber ermöglichen, sondern nur diese oder jene Seite, deren Gegenstand ein wiederholtes Durchlesen erwünscht sein lässt, schnell auffinden lassen. Zugleich soll es die Orientierung über die Litteratur unserer Wissenschaft erleichtern. Aus beiden Zwecken erklärt sich seine Einrichtung, die eine Anknüpfung an zahlreiche Einzelheiten, die im Gedächtnis des Lesers haften geblieben sein können, ermöglichen soll.

Die Litteratur der Entwickelungsmechanik ist schon so umfangreich, dass ich in der dem Buche beigegebenen Übersicht nur eine Auswahl treffen konnte. Sie ist zunächst für den Anfänger und den unserer Wissenschaft Fernerstehenden bestimmt. Die im Druckfehlerverzeichnis angegebenen Korrigenda bitte ich vor Beginn der Lektüre auszuführen.

Einzelne Stellen des Haupttextes enthalten Citate aus anderen Werken. Da ich aber, meinen jeweiligen Zwecken entsprechend, manches darin verändern musste, so habe ich sie nicht in Anführungszeichen gesetzt. Im Kleingedruckten ist jedoch ihre Herkunft angegeben. Gleichwohl möchte ich hier die Namen der betreffenden Autoren — Friedrich Dreyer, Driesch, Herbst, Matschie, Ostwald — noch besonders anführen. Es hätte vielleicht nahe gelegen, das Werk von Yves Delage „La structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale“ (Paris, 1895), das freilich erst erschien, als ich schon bei der Arbeit war, in ausgedehntem Maasse zu benutzen. Ich habe, abgesehen von der Entnahme einiger Notizen, darauf und auf eine Lektüre des grössten Teiles des Werkes verzichtet.*) Dagegen habe

*) Ich möchte diese Gelegenheit benutzen, um etliches in dem Delageschen Werke, das mein Buch „Gestaltung und Vererbung“ (Leipzig, 1893) betrifft, zu berichtigen:

1. Herr Delage sagt (S. 451): „Haacke ne donne pas sa théorie comme dérivant de celle de Spencer“. — Bei mir heisst es (l. c., S. 321): „dass die Theorie, die ich zu begründen versucht habe, nur eine weitere Ausführung der Spencerschen Lehre ist.“

ich längere Abschnitte aus meinem Aufsatze „Schöpfung und Wesen der Organismenform“ („Naturwissenschaftliche Wochenschrift“, redigiert von Dr. H. Potonié, Verlag von Ferd. Dümmler, Berlin, IX. Bd., 1894, No. 32—38) fast wörtlich abdrucken lassen, nicht jedoch ohne sorgfältige Revision ihres Inhaltes.

Indem ich zum Schlusse meinem hochgeschätzten Verleger, Herrn Arthur Georgi, für das ausserordentlich liberale Entgegenkommen, das er mir in jeder Beziehung bewiesen hat, sowie Herrn cand. rer. nat. Zschimmer in Jena für seine weitgehende Hilfe bei der Illustrierung des Werkes danke, spreche ich die Hoffnung aus, dass es mir gelungen sein möge, den Zweck, den ich mir gesetzt hatte, den ich aber nicht mit dem Zwecke, den ich mir vielleicht nach der Meinung dieses oder jenes Kritikers hätte setzen sollen, zu verwechseln bitte, wenigstens annähernd zu erreichen. Ich glaube ihn oben genügend charakterisiert zu haben und fordere berufene und leidenschaftslose Kritiker auf, mit ihrer Ansicht darüber, ob ich dem Erstrebten nahe gekommen bin oder nicht, nicht zurückzuhalten. Mit dem Bekenntnis, dass ich schon jetzt eine sehr verschiedene Wertschätzung des Buches kommen sehe, verbinde ich die Bitte, nicht um nachsichtige, sondern um gerechte Beurteilung, deren Hauptbedingungen Beachtung meines Zweckes, Vor-

---

2. Herr Delage giebt auf S. 443 drei Figuren, von denen Unkundige annehmen müssen, dass es Kopieen der meinigen seien, was aber nicht der Fall ist. Von Fig. 28 heisst es: „Les organismes à deux plans de symétrie ont un Gemmaire tel que celui de la Fig. 28, dans lequel il n'y á plus que les deux plans de symétrie *r s t* et *m n o*.“ Sieht man aber Herrn Delages Figur an, so sieht man, dass nur die Ebene *m x o* (so heisst nämlich die Ebene *m n o* des Textes in der Figur) eine Symmetrieebene ist, und dass die betreffende Form keine andere Symmetrieebene haben kann. Fig. 27 (die im Text 25 heisst) und Fig. 28 entsprechen den Anforderungen der Gemmarientheorie nicht. Fig. 26 auf S. 441 — auch nur eine Figur des Herrn Delage — zeigt nicht, was sie der darunterstehenden Erklärung zufolge zeigen soll.

3. Der Bericht, den Herr Delage auf S. 448 von meinen Mäusezüchtungen giebt, ist, wie ein Vergleich mit meinem oben zitierten Werke lehrt, falsch. Die Thatsachen, die Herr Delage mitteilt, entsprechen meinen Mitteilungen nicht.

4. Auf Seite 448 sagt Herr Delage, „Weismann répondrait simplement etc.“ — Aus meinem Buche (S. 248, Zeile 6 von unten ff.) geht aber hervor, dass diese Möglichkeit ausgeschlossen ist.

5. Auf S. 448 heisst es ferner: „Weismann pourrait dire etc.“ — Diese Möglichkeit habe ich vorausgesehen und auf S. 240 ff. meines Werkes ausdrücklich in ihr Gegenteil verkehrt.

6. Die Darstellung, die Herr Delage auf S. 446 und 447 von dem giebt, was ich über die geschlechtliche Fortpflanzung gesagt habe, findet in Bezug auf die „choix plus varié de Gemmes“, ferner in Bezug darauf, dass von einander verschiedene Gemmen „trouvent mieux à s'apparier“, endlich in Bezug darauf, dass „les Gemmes peuvent, en se pressant l'une contre l'autre, adapter leurs angles“ keinen Anhaltspunkt in meinen Publikationen.

urteilslosigkeit, Verständnis, Aufmerksamkeit und Gewissenhaftigkeit sind. Wie sie auch ausfallen mag, ich werde sie dankbar zu schätzen wissen, während jene wohlbekannten Kritiker, die sich in Allgemeinheiten und phrasenhaften Abschweifungen vom Gegenstande gefallen, nicht auf Beachtung von meiner Seite zu rechnen haben.

Berlin, im Dezember 1896.

Wilhelm Haacke.

Inhaltsverzeichnis.

Erstes Hauptstück.

Vom Gebiete der Entwickelungsmechanik.

Zweites Hauptstück.

Vom Organismensystem.

Drittes Hauptstück.

Vom Mechanismus der Keimesgeschichte.

Viertes Hauptstück.

Vom Formbildungsgrund.

Fünftes Hauptstück.

Von den Formenwandlungen.

Sechstes Hauptstück.

Vom Mechanismus der Stammesgeschichte.

Litteraturübersicht.

Register.

Erstes Hauptstück.

Vom Gebiete der Entwickelungsmechanik.

1. Die Möglichkeit einer Entwickelungsmechanik.

Nach einem auch gegenwärtig noch gelegentlich citierten und gut geheissenen Ausspruche Kants ist es „ganz gewiss, dass wir die organischen Wesen und deren innere Möglichkeit nach bloss mechanischen Principien der Natur nicht einmal zureichend kennen lernen, viel weniger uns erklären können; und zwar so gewiss, dass man dreist sagen kann, es ist für Menschen ungereimt, auch nur einen solchen Anschlag zu fassen, oder zu hoffen, dass noch dereinst ein Newton aufstehen könne, der auch nur die Erzeugung eines Grashalms nach Naturgesetzen, die keine Absicht geordnet hat, begreiflich machen werde; sondern man muss diese Einsicht den Menschen schlechterdings absprechen.“

Wie aber, wenn wir die Ordnung und Gesetzmässigkeit des Seins und Geschehens als gegeben hinnehmen, es unerörtert lassen, ob sie einer Absicht entsprechen, und versuchen, die innere Möglichkeit der Organismenformen auf Grund der uns gegebenen Naturordnung und Naturgesetzmässigkeit zu begreifen, insbesondere zu prüfen, inwiefern sich die Principien der Mechanik auf Entstehung und Umwandlung der Organismenform anwenden lassen? Ein solches Unternehmen kann von vornherein nicht als ungereimt bezeichnet werden. Aufgabe der Entwickelungsmechanik ist es, dieses Unternehmen zu versuchen und so weit wie möglich durchzuführen. Haben Physik und Chemie allgemeinere Naturgesetze festzustellen und auf das ihren Gebieten angehörige beobachtete Sein und Geschehen anzuwenden, ist es ihre Aufgabe, zu zeigen, dass überall Gesetzmässigkeit herrscht, und dass jedes Sein und Geschehen ein notwendiges Glied in dem einen oder dem anderen Komplexe von Dingen und Geschehnissen bildet, so liegt der Entwickelungsmechanik, als der Physik und Chemie der Organismenform, der Nachweis ob, dass diese und die Geschehnisse, die sich an ihr vollziehen, einer bestimmten Gesetzmässigkeit unterworfen sind,

und dass jede einzelne Organismenform ein notwendiges, sich einer grösseren oder geringeren Beständigkeit erfreuendes Glied in einer Kette von Naturvorgängen ist.

Nun giebt es aber Theoretiker, die ein Begreifen nicht nur der Organismenform, sondern jeder Form überhaupt, für unmöglich erklären. Die Form sei etwas schlechtweg hinzunehmendes. Es bedarf also der Untersuchung, inwieweit diese Behauptung zu Recht besteht.

Um die in Bezug auf die Begreiflichkeit der Formen gebotene Untersuchung ausführen zu können, müssen wir zunächst fragen, was uns in der Natur von Thatsächlichem gegeben und was darunter unter Verzicht auf seine Begreiflichkeit hinzunehmen ist.

Thatsachen sind die irgendwo und irgendwann von uns empfundenen Farben, Töne und Düfte, die Objekte des Geschmacks und Getastes, sowie alle diejenigen anderen Elemente der Thatsächlichkeit, die man gleichfalls dem Tastsinn zuzuweisen sich gewöhnt hat. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass wir die genannten Elemente des Thatsächlichen als gegeben und unbegreiflich hinzunehmen haben. Allein jedes Sein und Geschehen ist an Raum und Zeit gebunden und lässt sich in Bezug auf Raumerfüllung und Zeitdauer, sowie rücksichtlich seines Wo und Wann mit anderem Sein und Geschehen vergleichen, d. h. messen, was sowohl von den elementaren Konstituenten des Gegebenen als auch von deren Konstellationen gilt. Messen und Begreifen ist aber dasselbe. Dieses besteht lediglich in jenem; denn exakt messen heisst Mathematik treiben, und was wir mathematisch durchschaut haben, aber freilich auch nur dieses, haben wir wirklich begriffen. Handelt es sich um das Messen von reinen Zahlengrössen, so sprechen wir von Arithmetik; mit Raumgrössen hat es die Geometrie, und mit Veränderungen im Raum die Mechanik zu thun. Da nun die Organismenform eine veränderliche Raumgrösse ist, so ist sie auch Gegenstand der Geometrie und Mechanik, also auch begreiflich. Und wenn jedes Gegebene, auch das kleinste, jedes Geschehnis, auch das unbedeutendste, an Raum und Zeit gebunden ist, wenn also jedem Dinge und Geschehnisse irgend eine Art der Raumerfüllung und der Lagerung im Raum zukommt, und wenn es an irgend eine Zeitdauer, und sein Auftreten an irgend einen Zeitpunkt gebunden sein muss, so besteht die Möglichkeit, die komplicierte Form des Organismus auf die Form und Lagerung seiner einzelnen Organe, die Form dieser auf die ihrer letzten wahrnehmbaren Teile zurückzuführen und deren Form und ihre Veränderungen aus verschiedenartiger Gruppierung, bzw. bestimmte Zeit beanspruchender Verlagerung, der den Organismus konstituierenden Elementarmechanismen, der „Atome“, zu begreifen. Da die Elementarmechanismen des Organismus aber keine anderen sind, als die der Physik und Chemie, so muss der Organismus auch den physikalischen

und chemischen Gesetzen gehorchen. Gestalt und Veränderung der Organismenform müssen sich in letzter Linie auf Gruppierung von Elementarmechanismen und auf deren Umordnung zurückführen lassen.

Die mechanistische Weltanschauung wird jedoch von einzelnen neueren Theoretikern verworfen, insbesondere von Physikern und Chemikern, die sich zu einer einseitigen Energetik bekennen. Indessen lassen diese Gelehrten die Formen der Naturkörper und damit den Raum und häufig auch noch die Zeit ausser Acht. Einseitige Energetiker fragen bei der Beurteilung eines Naturprocesses nur nach der Art und Menge der in Betracht kommenden Energieen, messen sie und glauben, das sei alles, was zu wissen nötig sei. Die so vielfach missverstandene Forderung, die sogenannte Erklärung der Natur durch Beschreibung der Erscheinungen zu ersetzen, kann aber nur erfüllt werden, wenn wir das Räumlich-Zeitliche bis in alle Einzelheiten hinein durchschaut haben. Mit Gleichungen zwischen Energiegrössen allein ist uns nicht gedient, weil man zwischen verschiedenen Gebieten ausser den in Frage kommenden Energiegrössen auch noch Raum- und Zeitmaasse gleichsetzen kann. Ausser dem durch das Gesetz von der Erhaltung der Energie gegebenen Zusammenhange der verschiedenen Energiearten untereinander giebt es noch einen Zusammenhang der Energiearten in Bezug auf Raum- und Zeiterfüllung und räumliche und zeitliche Lage. Mit diesem Zusammenhang hat es der eigentliche Naturforscher, der Astronom und Meteorolog, der Geolog und Geograph, der Mineralog und Krystallograph, der Botaniker und Zoolog, aber auch derjenige Physiker und Chemiker zu thun, der sich nicht mit der Aufstellung von Gleichungen zwischen Energiegrössen begnügt.

Das Wort „Energie“ ist gleich dem Wort „Materie“, wie hier zu betonen von Wichtigkeit ist, nur ein Abstraktum, das wir uns, ziemlich unvollkommen, konstruiert haben, um das Dauernde im Wechsel der Erscheinungen zu bezeichnen. Man betrachtet die Energie als das, was auf uns wirkt, vergisst aber leicht dabei, dass wir das Wirkende, das nicht mit dem Wirklichen, d. h. dem Thatsächlichen, zu verwechseln ist, gar nicht zu erkennen vermögen, denn es liegt jenseits der Grenzen des Naturerkennens. Und wenn die Energie als die allgemeinste, das ganze Gebiet der physikalischen und chemischen Vorgänge beherrschende Invariante bezeichnet wird, so ist daran zu erinnern, dass Invarianten die Eigenschaft der Veränderlichkeit nicht haben, dass sie somit in das Reich des Unveränderlichen, des „Ding an sich“, in das Gebiet der Metaphysik gehören, vor dessen Pforten der Naturforscher als solcher Halt macht. Das Prädikat der Realität kann der Energie so wenig zugesprochen werden, wie dem Stoff. Real sind nur die Farben, Töne, Düfte und die übrigen Elemente des Gegebenen; und die sind samt und sonders in Raum und Zeit gebannt.

Wenn wir uns nun mit dem in Raum und Zeit Gegebenen wissenschaftlich beschäftigen, so sehen wir bald, dass die Kenntnis der Farben, Töne und Düfte sowie aller anderen Qualitäten des Thatsächlichen zwar für die Praxis der Forschung von grossem Nutzen, aber für das Begreifen der Natur nicht wesentlich ist. Aus der Thatsache, dass im Spektrum auf Rot Orange folgt, und dass dann der Reihe nach Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett kommen, schöpft unser Drang nach Erkenntnis so wenig Befriedigung, wie daraus, dass die Vereinigung der Spektralfarben Weiss giebt. Stellen wir aber die für unseren Gegenstand wichtige Erwägung an, es sei vielleicht möglich, dass etwa den Farben Bewegungsvorgänge entsprechen, die sich lediglich durch räumliche und zeitliche Eigenschaften unterscheiden, so fühlen wir gleich, dass wir, wenn dem wirklich so ist, wohl auch zu einer räumlich-zeitlichen Theorie des Lichts, die an Stelle der verschiedenen Farben verschiedene Bewegungsformen setzt, gelangen können. Denn da alle Elemente der Thatsächlichkeit in Raum und Zeit gebannt sind, so müssen die Farben, Töne, Düfte und alle übrigen qualitativ verschiedenen Elemente des Wirklichen in räumlichen und zeitlichen Beziehungen zueinander stehen; und untersuchen wir, in welcher räumlichen und zeitlichen Beziehung das Thatsächliche eines Gebietes des Qualitativen zu dem Thatsächlichen eines anderen Gebietes des Qualitativen steht, ermitteln wir, ob ein Raumgebilde etwa nur Farbe, oder ob es auch noch Härte, oder Wärme, oder Ton hat, so finden wir, dass keine Farbe, kein Ton, kein Duft, kein sonstiges Thatsächlichkeitselement für sich allein, sondern immer mit Elementen, die einem anderen Gebiete des Qualitativen angehören, in räumlicher und zeitlicher Zusammengehörigkeit gegeben und oft auch mit ihnen gesetzmässig verknüpft ist. Die Farbe z. B. ist immer an dieses oder jenes Harte oder Weiche, Nasse oder Luftige, oder doch als hart oder weich, nass oder luftig Vorstellbare gebunden, und das Licht dürfte dem Schalle vergleichbar sein, von dem wir zwei Seiten kennen, nämlich nicht bloss den Ton, sondern auch die Schwingungen tönender Körper und ihre Fortpflanzung bis an unser Ohr. Dem Tone beim Schall entspricht beim Licht die Farbe. Weshalb soll der sichtbaren und fühlbaren oder doch sichtbar und fühlbar zu machenden Bewegung beim Schall nicht auch eine Bewegung beim Licht entsprechen, für die uns freilich Organe der Wahrnehmung, wie wir sie für die Schallbewegung im Gesicht und Getast haben, fehlen? Da auf diese Frage bisher keine Antwort gefunden worden ist, so dürfen wir das Licht als eine Form der Bewegung betrachten, nicht minder auch Wärme, Elektricität und Magnetismus. Wir brauchen also auch den Theoretikern nicht zu folgen, die Wärme, Licht und andere Energiearten nicht als der Anschaulichkeit zugängliche Formen der Bewegung gelten lassen wollen; und durch die Erkenntnis, dass deren

bezügliche Ansichten nicht berechtigt sind, gewinnen wir die Mittel zur Verteidigung der mechanistischen Weltanschauung, ohne die wir allerdings auf ein Begreifen der Form, also auch der Organismenform, verzichten müssten.

Die Möglichkeit einer Anwendung der mechanistischen Weltanschauung auf die Formen der Naturkörper ergiebt sich im Anschluss an das Vorhergehende ohne Schwierigkeit. Wenn wir nämlich die Farbe als Begleiterin einer bestimmten Bewegungsform ansehen dürfen, so dürfen wir auch, wie sich leicht zeigen lässt, die verschiedenen Qualitäten eines Stoffes als Begleiterinnen seiner Elementarstruktur auffassen. Denn es giebt gesetzmässige Beziehungen zwischen der Struktur eines Stoffes und seinen übrigen Eigenschaften. Der Kupfervitriol hat eine charakteristische Krystallform, ausserdem ist er blau, schmeckt widerlich, macht sich, in Pulverform in der Luft schwebend, auch dem Geruch in specifischer Weise bemerklich, löst sich in Wasser und zeigt, mit anderen Chemikalien in geeigneter Weise zusammengebracht, ganz bestimmte Reaktionen, ist, kurz gesagt, ein Stoff im Sinne der Chemie, ein Komplex specifischer Konstanten, d. h. ein Etwas, das uns unter bestimmten Umständen bestimmte Elemente des Thatsächlichen bietet. Ein Stoff ist nun schon durch einige wenige seiner Konstanten genügend charakterisiert, insbesondere durch seine chemische Zusammensetzung. Wir können sagen, dass die übrigen Konstanten Begleiterinnen seiner chemischen Zusammensetzung seien. Das gilt bis zu einem gewissen Grade auch von seiner Krystallform, auf die es uns hier besonders ankommt, weil das Wichtigste an ihr die innere Struktur des Krystalles ist, und wir diesen demgemäss als ein Gleichgewichtssystem bestimmt angeordneter Elementarmechanismen betrachten können. Alle seine übrigen Konstanten würden also auch Begleiterinnen seiner inneren Struktur sein, die wir uns sowohl als sichtbar als auch als tastbar denken können.

In der That können wir, da wir mit der qualitativen Seite der Naturvorgänge nichts anfangen können, nur das Räumlich-Zeitliche an ihnen begreifen, nur Statik und Dynamik der Komplexe von bestimmt geformten Elementarmechanismen treiben, in die wir uns die Natur aufzulösen bestreben müssen. Wir werden uns aber dabei vor dem Irrtum zu hüten haben, die Elementarmechanismen als unveränderliche Gebilde zu betrachten. So nötig, wie die uns insbesondere durch die Thatsache der Krystallform und Krystallstruktur aufgezwungene Annahme von Elementarmechanismen ist, nämlich von bestimmt geformten Körpern mit geregelten Wirkungsweisen und bestimmten Wirkungsrichtungen, von Körpern, die sich etwa bei der einen ihrer Konstellationen einander nähern, bei der anderen voneinander entfernen und sich ihrer Form entsprechend in bestimmter Weise gegeneinander

orientieren, also von Raumgebilden, die sich unter bestimmten Umständen immer in ganz bestimmter Weise, die keine Umkehrung gestattet, verhalten, auf deren Gleichgewicht und Bewegung aber die Gesetze der vielleicht noch der Vervollkommung bedürftigen theoretischen Mechanik so gut anwendbar sind, wie etwa auf eine Uhr, die sich nur nach einer Richtung hin aufziehen lässt und nur nach einer Richtung hin abläuft, ebenso notwendig ist die fernere Annahme, dass diese Elementarmechanismen innerhalb bestimmter Grenzen veränderlich sind. Je nach den Einwirkungen, die ein Elementarmechanismus von seiten seiner Nachbarn erleidet, muss er bestimmten Formveränderungen unterworfen sein können. Denn mit starren Bausteinen, die einander nicht zu beeinflussen vermögen, wäre nichts anzufangen. Stellte ein Elementarmechanismus z. B. einen Komplex von Wirbelringen dar, so müssten diese etwa bald Kreis-, bald Ellipsenform annehmen können; oder wären seine Teile nach einem Achsenkreuz, ähnlich dem eines Krystalles, orientiert, so müsste es dessen Achsen möglich sein, bald diese, bald jene Winkel miteinander zu bilden. Welche Form der Elementarmechanismus auch haben mag, innerhalb bestimmter Grenzen muss er veränderlich sein.

Insofern, als die Nötigung vorliegt, den Elementarmechanismen irgend eine Form zuzuschreiben, haben diejenigen Recht, welche die Form als schlechterdings unbegreiflich erklären. Denn die Thatsache, dass es Geformtes giebt, können wir nur als gegeben hinnehmen. Aber uns die Welt in bestimmt geformte Elementarmechanismen aufgelöst und sie aus diesen wieder aufgebaut zu denken, vermögen wir im Princip ebenso leicht, wie ein Haus aus lauter gleichen Bausteinen zusammengefügt sein zu lassen. Ebenso gut können wir uns auch vorstellen, dass bestimmt geformte und wegen der bestimmten Verteilung ihrer Wirkungsrichtungen an gewisse Wege gebundene Elementarmechanismen einen charakteristischen Tanz, einer von Menschen getanzten Quadrille in gewisser Weise vergleichbar, aufzuführen vermögen, einen Tanz, bald so, bald anders geformt, entsprechend der Mannigfaltigkeit der Qualitäten der Energie.

Man hat die mechanistische Weltanschauung indessen des Materialismus geziehen. Verdiente sie diesen Vorwurf, so müsste sie auf wissenschaftlichem Gebiete fallen; nicht etwa, weil man aus dem Materialismus allerhand Konsequenzen, die mit der Wissenschaft nichts zu thun haben, ableiten könnte, sondern weil der Materialismus Metaphysik und als solche aus der Wissenschaft zu verbannen ist. Materialismus ist aber nur diejenige Auffassung, wonach das eigentliche Wesen der Dinge in sogenannten Atomen besteht. Denn diese Auffassung spricht sich über den Urgrund des Seins aus und ist deshalb Metaphysik. Aber der, für den die Elementarmechanismen nur Objekte

der wissenschaftlichen Phantasie sind, der sich ferner nur vorstellt, dem Licht, der Wärme, der Elektricität entsprächen bestimmte Formen der Bewegung, bestimmte von den Elementarmechanismen ausgeführte Tanzfiguren, treibt keine Metaphysik. Denn er setzt nur an die Stelle von Elementen eines Gebietes des Empfindbaren die eines anderen Gebietes des Empfindbaren, wie es der thut, der beim Studium des Schalles zuerst dem hörbaren Tone und dann den sicht- und tastbaren Schwingungen des tönenden Körpers seine Aufmerksamkeit zuwendet. Treibt aber dieser keine Metaphysik, so thut es jener auch nicht.

Freilich, ebensowenig, wie zu sagen, warum den Schallschwingungen Töne, wissen wir, warum anderen Bewegungen Farbe, Wärme und andere Qualitäten des Thatsächlichen entsprechen. Hier ist eine Grenze des Naturerkennens. Dafür beseitigt aber die Annahme von Elementarmechanismen eine andere Grenze des Naturerkennens, die man neuerdings hat ziehen wollen, und zwar durch die Behauptung, dass es uns unmöglich sei, uns anschauliche Vorstellungen von den Bewegungsformen, die dem Licht, der Wärme und anderen Energiearten entsprechen, zu bilden. Auf dergleichen anschauliche Vorstellungen können wir aber nicht verzichten, wie es der thut, dem etwa eine Lichttheorie nichts weiter ist, als ein System von Differenzialgleichungen. Ein solcher macht sich nur ein verschwommenes Gleichnis oder ein Bildnis von der Welt; etwas anderes sind geschriebene und gedachte Formeln nicht. Formeln zeigen uns die Welt in einem verkrümmten oder getrübten Spiegel, während es doch unsere Aufgabe ist, sie so unmittelbar zu sehen, wie es die Beschaffenheit unseres Geistes zulässt, und Realitäten in bestimmte Beziehungen zueinander zu setzen, aufweis- und messbare, vor allem auch räumlich darstellbare Grössen, aus deren Beziehungen sich bestimmte Folgerungen ergeben. Mit der Konstruktion von solchen Bildern, wie es Differenzialgleichungen sind, ist unsere Aufgabe noch nicht erledigt. Aus der Gleichung für einen Kegelschnitt ersieht der in der analytischen Geometrie Unbewanderte noch nicht dessen Form, wohl aber aus einer Zeichnung; und so gut wie die Form eines Kegelschnittes eine Realität ist, so gut sind es Vorstellungen über Elementarmechanismen, weil jede Vorstellung Realität besitzt. Vorstellungen gehören gleich den Wahrnehmungen der Wirklichkeit an. Was dagegen z. B. die Invariante ist, die man Energie nennt, können wir weder wahrnehmen noch uns vorstellen. Wir können uns keine Realität als das Bewegende in einem gegen uns geschwungenen Stocke veranschaulichen. Berührt der Stock uns, so haben wir eine Tastempfindung, nicht etwa Energie. Wohl aber fühlen wir den Stock nicht bloss, sondern — und dies dürfen wir nicht ausser Acht lassen — wir sehen ihn auch; und schlägt uns in stockfinstrer Nacht auf lichtlosem Waldpfade ein Strauch ins Gesicht, so können

wir uns auf Grund früherer Erfahrungen sehr wohl eine annähernd richtige Gesichtsvorstellung von ihm bilden. Deshalb dürfen wir auch die Hoffnung hegen, dass es dereinst möglich sein wird, uns auf Grund bestimmter Erfahrungen bestimmte Vorstellungen von den Formen der Bewegungsarten zu machen, die den verschiedenen Arten der Energie entsprechen, und von der Form der Elementargebilde, aus denen die Körperwelt aufgebaut zu denken ist.

Uns auf Grund der von uns gemachten Erfahrungen richtige Vorstellungen, d. h. Vorstellungen, die durch keine Erfahrung mehr zu erschüttern sind, von der Form der Elementarmechanismen und ihren möglichen Konstellationen und Bewegungen zu bilden, ist das Ziel einer auf das wirkliche Begreifen der Natur gerichteten Wissenschaft. Das Spiel der Qualitäten ist ja unbegreiflich, wenn es auch bestimmten Gesetzen folgt; und durch blosse Gleichungen zwischen Energiegrössen wird uns die Begreiflichkeit der Natur, d. h. die Möglichkeit, uns ihre Bausteine als mit den Händen greifbar vorzustellen und sie als Maasse zu benutzen, nicht näher gerückt. Wohl aber dadurch, dass wir nach Trägern einer Urform suchen, diese bestimmte und bestimmter Veränderungen fähige Konstellationen bilden und bestimmt geformte und in bestimmter Weise veränderliche Körper aufbauen lassen. Denn nur mit Räumlich-Zeitlichem wissen wir etwas anzufangen, weil nur die Eigenschaft des Lokalisiertseins in Raum und Zeit und die der Raum- und Zeiterfüllung nebst der Möglichkeit der zeitlichen Veränderung bestimmter Lokalisation und Raumerfüllung allem Qualitativen gemeinsam sind. Deshalb kann nur das Räumlich-Zeitliche Gegenstand der begreifenden, d. h. der die Natur mit gemeinsamen Raum- und Zeitmaassen messenden Forschung sein. Weit entfernt also davon, unbegreiflich zu sein, sind neben den räumlichen Konstellationen der Dinge und ihren Veränderungen die Formen der Körper und ihre Wandlungen allein der begreifenden Wissenschaft zugänglich.

Freilich bedürfen wir dazu der Hypothese, denn wahrnehmend sehen und betasten können wir die Elemente der Körperwelt nicht. Wir können sie nur in der Vorstellung sehen und betasten. Nun soll aber eine hypothesenfreie Naturforschung etwas besonders Wünschenswertes sein. Eine solche muss jedoch auf einheitliches Begreifen der Welt verzichten. Denn begreifen, d. h. wahrnehmend, oder in der Vorstellung betasten, lässt sich irgend eine Invariante, die man an die Stelle bestimmt geformter Elementarmechanismen setzen könnte, z. B. die Energie, nicht. Eine zweckentsprechende Elementarhypothese, wie sie freilich noch erst zu schaffen ist, giebt uns dagegen die Hoffnung auf wirkliches Begreifen der Welt. Mit dem Lossagen von allen Hypothesen würden wir auf das Begreifen des Naturgetriebes verzichten.

Unzweifelhaft ist der Weg, der uns zu den letzten Konstituenten des Seins und Geschehens führt, lang und mühsam; doch ist er der einzige die Erreichung des Zieles der Naturforschung versprechende. Auf ihm werden wir dereinst, Kants Ausspruch durch die That widerlegend, nicht nur die Erzeugung eines Grashalmes, sondern auch die aller anderen Organismenformen begreiflich machen, und zwar nach Naturgesetzen; denn als solche werden wir die zu ersinnenden Elementarmechanismen und die Normen, nach denen sie stabile und labile Konstellationen bilden, zu betrachten haben.

Damit glauben wir den Nachweis, dass Entstehung und Umwandlung der Organismenform und ihre innere Möglichkeit nach mechanischen Principien zu begreifen sind, erbracht zu haben. Durch bestimmt geformte Elementarmechanismen, die sich nach bestimmten Gesetzen und wegen ihrer bestimmten Form auch in bestimmten Richtungen zueinander bewegen, sind uns geordnete Naturgesetze gegeben. Ob aber diese Naturgesetze von einer Absicht geordnet sind oder nicht, muss die Entwickelungsmechanik dahingestellt sein lassen. Ihre Aufgabe ist es nicht, nach Absichten zu suchen, oder sie zu leugnen. Sie darf weder behaupten, die Welt sei zweckmässig, noch, dass sie unzweckmässig sei. Der Entwickelungsmechaniker darf bei der Lösung seiner Aufgabe weder Teleologie, noch sogenannte Dysteleologie treiben. Jedoch wird gerade die Entwickelungsmechanik vielfach durch teleologische und dysteleologische Betrachtungsweise gestört, ein Umstand, auf den wir im folgenden Abschnitt einzugehen haben.

Die Ansicht, dass die Organismenformen und die Formen überhaupt unbegreiflich seien, schien unter den zeitgenössischen Forschern von Driesch vertreten zu werden, der Kants bekannten Ausspruch gut hiess; sie schien in Drieschs Schrift über „Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft“ (Leipzig 1893) enthalten zu sein und wurde eingehend bekämpft in dem Aufsatz über „Die Formenphilosophie von Hans Driesch und das Wesen des Organismus“ (Biol. Centralblatt, 1894), worin der Nachweis versucht wurde, dass nur eine beliebige als Ausgangspunkt der Betrachtung gewählte Gesamtkonstellation und die Form von „Uratomen“ sowie die Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung der letzteren unbegreiflich seien, während, alles dieses als gegeben angenommen, die Veränderung jener Gesamtkonstellation und die Form des einzelnen Naturkörpers begreiflich sein müsse, eine Anschauung, der nach einer neueren Publikation („Die Maschinentheorie des Lebens. Ein Wort zur Aufklärung“, Biol. Centralbl. XVI, Nr. 9, 1896) im Grunde genommen auch wohl Driesch zustimmt. Die Zulässigkeit der mechanistischen Weltanschauung in der Form der Atomhypothese wurde hierbei vorausgesetzt.

Bekämpft wurde die Atomhypothese und mit ihr die mechanistische Weltanschauung in neuerer Zeit namentlich von Ostwald, zuletzt in dessen im Herbst 1895 auf der Naturforscherversammlung zu Lübeck gehaltenem Vortrage über „Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus“ (Leipzig 1895), der viel Aufsehen erregt und sowohl Zustimmung als auch Widerspruch, letzteren namentlich auch von seiten verschiedener Physiker, erfahren hat. Im obigen sind manche Stellen des Ostwaldschen Vortrages wörtlich benutzt worden, um die in ihm entwickelten Anschauungen zu bekämpfen.

Zu den von uns bekämpften Ostwaldschen Anschauungen gehört die Bezeichnung der mechanistischen Weltanschauung als Materialismus und die Forderung einer hypothesenfreien Naturforschung. Auf die mechanistische Weltanschauung kann aber gerade der nicht verzichten, der die von Kirchhoff herrührende und schon vor mehr als zwanzig Jahren festgestellte Aufgabe der Mechanik, „die in der Natur vor sich gehende Bewegung vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben“, als berechtigt anerkennt. Denn Beschreibung kommt, wie Mach in seinem 1894 auf der Naturforscherversammlung in Wien gehaltenen Vortrage „Über das Princip der Vergleichung in der Physik“ (s. das „Tageblatt“ der Naturforscherversammlung und „Beilage zur Allgemeinen Zeitung“, München 1894, Nr. 269) ausführt, auf Vergleichung hinaus; und miteinander vergleichen lassen sich alle Naturerscheinungen nur in räumlich-zeitlicher Beziehung.

Vielleicht dürfen wir hoffen, einmal zu einer Hypothese zu gelangen, die alles in der Natur Gegebene auf Urmechanismen, die man ja auch Uratome nennen könnte, zurückführt. Zu Gunsten dieser Hoffnung sprechen neben physikalischen Erwägungen auch viele Thatsachen der Chemie. Von diesen teilt Victor Meyer in seinem 1895 auf der Naturforscherversammlung zu Lübeck gehaltenen Vortrage über „Probleme der Atomistik“ (2. Aufl. Heidelberg 1896) das Wichtigste mit.

Übrigens ist die Atomhypothese in ihren bisher aufgetauchten Formen (über diese vergl. Griesbach, „Physikalisch-chemische Propädeutik“, Leipzig 1895) durchaus ungenügend. Die Atome sind wahrscheinlich sehr komplicierte Gebilde, über die wir uns jedenfalls erst in sehr ferner Zukunft eine einigermaassen befriedigende Vorstellung werden machen können. Die Atomhypothese ist aber trotzdem von unberechenbarem Wert für die Wissenschaft, weil sie das einigende Band für alle naturwissenschaftlichen Disciplinen ist und uns vor einem zu frühzeitigen Verzicht auf das Naturbegreifen, wie wir ihn bei Ostwald antreffen, bewahrt. Ausserdem nötigt sie den Forscher dazu, seine Phantasie nicht zu vernachlässigen.

Die Phantasie ist das vornehmste Werkzeug der Forschung für alle, die es mit Formen und Bewegungen zu thun haben. In der Wissenschaft darf sie aber nicht etwa in zügellosem Kombinieren nicht zusammengehöriger Dinge bestehen, sondern sie soll den Forscher gerade hiervor bewahren und auf das, was wirklich zusammenpasst, hinweisen. Denn was zusammengehört und was nicht zusammenpasst, kann nur die Vergleichung lehren, und diese kann nur der in nutzbringender Weise üben, der zu anschaulichen Vorstellungen befähigt ist, d. h. Phantasie besitzt, plastisch denken kann. In seiner Schrift „Über Germinal-Selection“ (Jena 1896) weist Weismann darauf hin, „eine wie bedeutende Rolle die Phantasie bei der exaktesten der Naturwissenschaften, der Physik, in neuerer Zeit spielt“. Sollte man nicht wissen, so fragt er, „dass der englische Physiker Maxwell ‚aus Flüssigkeitswirbeln und Friktionsrollen, die sich innerhalb Zellen mit elastischen Wänden bewegen, einen bewunderungswürdigen Mechanismus konstruierte, welcher als mechanisches Modell für den Elektromagnetismus diente?‘ (Siehe Boltzmann, ‚Methoden der theoretischen Physik‘. München 1892 [Aus dem Katalog der mathematischen Ausstellung.]) Er hoffte, ‚dass durch derartige mechanische Fiktionen weitere Forschungen auf dem Gebiete der Elektricitätslehre mehr gefördert als gehindert sein würden‘. Und so kam es in der That, da Maxwell durch sie ‚jene Gleichungen fand, deren eigentümliche, fast unbegreifliche Zaubermacht Hertz in seinem Vortrag über die Beziehungen zwischen Licht und Elektricität so drastisch schildert‘. ‚Maxwells Formeln waren lediglich Konsequenzen seiner mechanischen Modelle‘. ‚Diese ersonnenen Mechanismen‘ — so berichtet Boltzmann in dem unten (oben H.) citierten Aufsatz — ‚wurden zuerst viel verspottet, allmählich aber fanden die neuen Ideen in allen Gebieten Eingang. Sie waren selbst bequemer, als die alten Hypothesen,

denn diese konnten nur aufrecht erhalten werden, so lange alles klappte; jetzt aber schadeten einzelne Nichtübereinstimmungen nicht mehr, denn einer blossen Analogie kann man es nicht übelnehmen, wenn sie in einzelnen Punkten hinkt. — Schliesslich generalisierte die Philosophie Maxwells Ideen bis zur Lehre, dass die Erkenntnis überhaupt nichts anderes sei, als die Auffindung von Analogieen'. Aber es scheint mir unter den Biologen nicht nur ein geringes Verständnis für die wissenschaftliche Bedeutung der Phantasie, sondern auch für die Theorie überhaupt vorhanden zu sein. Man liebt es, sie als eine Art von überflüssigem Ballast zu betrachten, als ein unnützes Überbleibsel aus der Zeit der ausgearteten ‚Naturphilosophie'. Man spricht mit Stolz das missverstandene Wort Newtons nach: ‚Hypotheses non fingo' (Dieser Ausspruch Newtons wird neuerdings des öfteren in dem Sinne citiert, als ob Newton ein Verächter der wissenschaftlichen Hypothese gewesen wäre. Wenn man indessen die betreffende Stelle im Zusammenhange liest, so sieht man, dass sich der Verzicht auf die Hypothese nur auf einen bestimmten Fall bezieht, auf den der allgemeinen Gravitation, von deren Wesen Newton sich keine Vorstellung bilden konnte und deshalb auch keine Hypothese aufstellen wollte. Wie hätte auch der Erfinder der Emissionstheorie des Lichtes, in welcher unter anderem den Lichtteilen ‚Anwandlungen' zugeschrieben werden, die Hypothese im allgemeinen gering schätzen können! Vergl. Newton, ‚Philosophiae naturalis Principia mathematica'. Edit. II, 1714, p. 484) und taxiert den Wert der kleinsten neuen Thatsache unendlich höher als den ‚der schönsten Theorie'. Und dennoch verbindet erst die Theorie die Thatsachen zur wirklichen Wissenschaft und ist die unerlässliche Bedingung jeden bedeutenderen wissenschaftlichen Fortschrittes. Heinrich Hertz (H. Hertz, ‚Einleitung zu den Principien der Mechanik'), der Entdecker der elektrischen Wellen, dachte darüber nicht anders, wenn er sagt: ‚Wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der äusseren Gegenstände, und zwar von solcher Art, dass die denknotwendigen Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände'. ‚Die Bilder wählt man so, dass sie von bekannten Gegenständen hergenommen werden mit bekannten Eigenschaften, und zwar solchen, dass aus ihrer Bewegung Wirkungen entstehen, ähnlich denen, welche wir an den zu erklärenden Gegenständen beobachten. Die Erfahrung lehrt uns, dass die Forderung erfüllbar ist, und dass also solche »Übereinstimmungen« (zwischen der Wirklichkeit und den angenommenen Bildern, oder, wie Hertz sagt, ‚zwischen der Natur und unserm Geist') bestehen. Ist es uns einmal geglückt, aus der angesammelten bisherigen Erfahrung Bilder von der verlangten Beschaffenheit abzuleiten, so können wir an ihnen, wie an Modellen, in kurzer Zeit die Folgen entwickeln, welche in der äusseren Welt erst in längerer Zeit oder als Folge unseres eigenen Eingreifens auftreten werden' u. s. f."

Aus diesem Citat geht Wesen, Zweck und Kompetenz der Hypothese klar hervor. Eine Elementarhypothese soll eine mathematischer Behandlung fähige, aber gleichwohl anschauliche Symbolik der Naturprocesse ermöglichen.

Indessen hat sie sich davor zu hüten, in ihren Elementen, z. B. in den Atomen, das Wesen der Dinge zu erblicken, eine Warnung, die neuerdings wieder Friedrich Dreyer in seinen „Studien zu Methodenlehre und Erkenntniskritik" (Leipzig 1895) eingehend begründet hat. Die Atome sind Gebilde der Vorstellung.

Dass mit irgend welchen Vorstellungen, die wir uns von den Elementarmechanismen machen können, nichts für das Verständnis der Qualitäten in der Natur gewonnen ist, hat u. a. Emil du Bois-Reymond in seinem 1872 auf der Naturforscherversammlung zu Leipzig gehaltenen Vortrage „Über die Grenzen des Naturerkennens" entwickelt.

2. Entwickelungsmechanik und Teleologie.

Der Organismus macht den Eindruck des Zweckmässigen. Die keimesgeschichtlichen Processe, die zur Bildung eines geordneten, mehr oder minder harmonischen Ganzen führen, das Zusammenarbeiten der Organe eines lebenden Tier- oder Pflanzenkörpers, das Angepasstsein des Organismus an seine Umgebung, die nützliche Reaktion der Organismenform auf äussere Einwirkungen, alles dieses und vieles andere liess und lässt manche Naturforscher glauben, dass der Organismus das Werk eines zweckmässig handelnden Schöpfers sei.

Ob diese Forscher im Recht sind, haben wir hier nicht zu untersuchen. Wir wollen aber nicht vergessen, dass es nicht Aufgabe der Entwickelungsmechanik ist, Erörterungen über die Existenz eines Schöpfers anzustellen. Sie soll weiter nichts, als die Entwickelungsvorgänge beschreiben. Wo wir z. B. von Energieen sprechen, müssen wir uns bewusst bleiben, dass wir uns diese nicht als irgend etwas Greifbares vorstellen dürfen. Die Mechanik hat es nur mit räumlichen Dingen und Vorgängen, mit Konstellationen und Formen und deren Veränderungen und Gesetzmässigkeiten zu thun. Aus diesen hat sie auf Kräfte geschlossen; sie ist sich aber bereits klar darüber, dass sie damit ihr eigentliches Gebiet verliess. Sie sagt nur, dass der Stein zur Erde fällt; auch die Fallgesetze stellt sie fest; aber von einer Anziehungskraft weiss die Mechanik nichts. Demnach ist es in der Mechanik unzulässig, das Fallen des Steines einer Kraft zuzuschreiben. Wer das thut, treibt Metaphysik, sagt über den der Mechanik unzugänglichen Urgrund der Dinge etwas aus, versucht also, etwas der exakten, d. h. mechanistischen, Wissenschaft Unmögliches zu thun. An exakter Forschung Unzugänglichem versucht sich also auch der, der die gegebene Ordnung der Natur als das Werk einer zweckmässig handelnden Intelligenz ansieht und für diese seine Anschauung Gültigkeit auch im Gebiete der mechanistischen Wissenschaften beansprucht. Auch er treibt Metaphysik; und aus unserer Wissenschaft müssen wir die Metaphysik nun einmal verbannen.

Zwar hat der Mensch ein metaphysisches Bedürfnis; die Forderungen seines Gemütes drängen auf Befriedigung; aber die exakte Wissenschaft kann nichts dazu thun. Sie kann indessen auch nichts dagegen thun. Ist die Teleologie, d. h. die Lehre, wonach die Naturvorgänge zweckmässig geordnet sind, für die Mechanik nicht vorhanden, so ist es auch die Dysteleologie nicht, jene Lehre, die eine zweckmässige Ordnung der Naturprocesse in Abrede stellt. Gleich der Teleologie sucht auch sie auf den auf exaktem Wege unerforschlichen Urgrund der Dinge hinunter zu tauchen, ohne zu merken, dass sie den ungereimten Versuch der Ergründung des für mechanistische Wissen-

schaft Bodenlosen macht. Jede Theorie der Organismenentstehung, die das scheinbar Zweckmässige durch nicht zweckthätige Ursachen zu erklären sucht, ist für mechanistische Forschung ebenso nutzlos, wie die Teleologie. Zweck oder Nichtzweck der Naturvorgänge gehen den exakten Forscher als solchen nichts an. Er hat es lediglich mit der Beschreibung des Erscheinungsstromes des mechanischen Teiles der Thatsächlichkeit zu thun.

Wir ersehen hieraus, wie verkehrt es ist, religiöse Fragen, wie es oft geschieht, mit Problemen der exakten Forschung zu verquicken. Diese ist weder religiös noch irreligiös. Sie hat mit der Religion nichts zu schaffen, und die einzig mögliche Versöhnung zwischen der Religion und ihr besteht darin, dass das Gebiet der einen sauber von dem der anderen getrennt wird. Nur eines einzigen Glaubens kann der exakte Forscher nicht entraten, des Glaubens an die Gesetzmässigkeit jeglichen Geschehens.

Die Verwechselung von Gesetzmässigkeit mit Absichtslosigkeit lässt vielen eine Theorie, die das scheinbar Zweckmässige durch Herumprobieren der Natur erklärt, in hohem Grade willkommen erscheinen. Es wird aber dabei vergessen, dass der, der eine Ordnung der Geschehnisse annimmt, die notwendigerweise auf mechanischem Wege zweckmässig erscheinende Organismen entstehen lässt, ohne dass die Natur gewissermaassen herum zu probieren braucht, keineswegs die Gesetzmässigkeit der Natur preisgiebt. Der Fluss mechanischen Geschehens wird nicht gestört, wenn die räumliche Verteilung der Geschehnisse von allem Anfange an eine solche war, dass die Natur mit derselben Notwendigkeit den zweckmässig erscheinenden Organismus formen musste, wie die Zeitungsdruckmaschine die fertig zusammengefaltete und zum Austragen bereite Zeitung liefert. So gut, wie beim Zeitungsdruck alles mit rechten Dingen zugeht, wie bei ihm die Anordnung der Maschinenteile direkt zu der Bedruckung, Zerschneidung und Faltung des als grosse Rolle in den Mechanismus eingefügten Papiers führt, wird auch der Mechanismus der Natur direkt den zweckmässig erscheinenden Organismus hervorbringen, ohne dass Wunder zu geschehen brauchen.

Wenn also jemand meinen sollte, hinter der Ansicht, dass die Natur eine Maschinerie, ein Komplex von Mechanismen ist, der auf direktem Wege zweckmässig erscheinende Organismen formt, stecke Wunderglaube, so würde er mit Windmühlen kämpfen. Eine solche Meinung ist entschuldbar, aber nicht gerechtfertigt. Wer sich aber durch sie verleiten lässt, an Theorieen zu glauben, die das scheinbar Zweckmässige auf nicht zweckthätige Ursachen zurückzuführen suchen, treibt Metaphysik. Der Entwickelungsmechaniker hat es aber nur mit Ursachen, Wirkungen und dem, was damit zusammenhängt, zu thun.

Mit dieser Erkenntnis lässt sich leicht zeigen, dass der Entwickelungsmechaniker keine Teleologie treibt, wenn er sich an das thatsächliche Naturgeschehen hält. Sagen wir einmal, eine zeitliche Reihe von Geschehnissen habe den Zweck, einen bestimmten Körper entstehen zu lassen, so können wir auch eine etwa auf halbem Wege dieser Reihe von Geschehnissen befindliche Station ins Auge fassen und sagen, die Geschehnisse diesseits der Station hätten den Zweck, zu dieser Station zu führen. Wir können auch den vierten Teil der ganzen Strecke für sich nehmen und so fortgesetzt weiter teilen, indem wir immer sagen, die zeitlich vor der Erreichung einer bestimmten Station gelegene Reihe von Geschehnissen habe den Zweck, zu der betreffenden Station zu führen. Endlich würden wir aber zu einzelnen Geschehnissen gelangen und so die eine Station als den Grund der nächsten, jede Station als die Folge der vorhergehenden erkennen. Sobald wir bei der Teilung unserer Reihe von Geschehnissen so weit sind, dass wir nur noch Grund und Folge — das Naturgesetz — sehen, also die Teilung nicht weiter durchführen können, wird die Zweckauffassung gegenstandlos. Schritt für Schritt des Geschehens entspricht Norm für Norm. Teleologische Betrachtung ist dabei völlig überflüssig; denn den exakten Forscher beschäftigen lediglich mechanische Geschehnisse und mechanische Geschehnisgründe. Er darf der elementaren Folge der Geschehnisse nicht untreu werden, was er thut, wenn er zum Behufe teleologischer Betrachtung das Ende einer Reihe von Geschehnissen vorgreifend ins Auge fasst. Der Entwickelungsmechaniker vermag also auf seinem Gebiete selbst mit dem besten Willen keine Teleologie zu treiben, auch wenn ihm die Entstehung eines Organismus noch so zweckmässig erscheinen sollte.

Die Erkenntnis der Unmöglichkeit, in der exakten Wissenschaft Teleologie zu treiben, darf aber nicht zu einer irrigen Auffassung führen. Das Suchen nach sogenannten Zwecken kann praktischen Wert für den Betrieb auch der entwickelungsmechanischen Forschung haben, weil es zur Aufdeckung verborgener Beziehungen zwischen den Geschehnissen beitragen kann. Wer z. B. fragt, welchen Zweck die Klebrigkeit der Mistelbeeren habe, der wird bald erkennen, dass die Samenkörner der Mistel (Viscum album), welch' letztere ja bekanntlich auf Baumzweigen schmarotzt, vermöge des ihnen eigenen Klebstoffes an Schnäbeln und Füssen von Vögeln haften bleiben und so von dem Baume, auf welchem die Mutterpflanze wächst, auf andere Bäume, wo sie gleichfalls eine Keimstätte finden, übergeführt werden können. Hier eröffnet uns das Fragen nach dem Zweck einer Eigenschaft und die Antwort, die wir darauf erhalten, einen Einblick in das mechanische Thatsächlichkeitsgetriebe der Natur. Jedoch darf man in diesem Fragen nicht zu weit gehen, weil man sonst leicht zu falschen Resul-

taten gelangt. So wird z. B. bei der Frage, welchen Zweck es habe, dass die Blütenköpfchen von Tanacetum corymbosum, einer strahlenblütigen Komposite mit verzweigtem Stamme, je nach ihrer Stellung an der Pflanze eine verschiedene Anzahl von Randblüten aufweisen, vielleicht die für die Entwickelungsmechanik allein wichtige Frage nach dem Grunde dieser Erscheinung, der mit grosser Wahrscheinlichkeit in der verschieden starken Ernährung der einzelnen Zweige zu suchen ist, ausser Acht gelassen werden. Man wird sich möglicherweise beruhigen, wenn man erkannt zu haben glaubt, dass der sogenannte Ebenstrauss, den die Gesamtheit der Blütenköpfchen einer Pflanze von Tanacetum corymbosum bildet, weniger Lücken erhält, wenn die Blütenköpfchen, die ihn zusammensetzen, ungleich gross sind, und die kleinen Köpfchen die Lücken zwischen den grösseren ausfüllen, als wenn er aus lauter gleich grossen Blütenköpfchen besteht.

Dieses Beispiel ist geeignet, die Aufgabe des Entwickelungsmechanikers zu beleuchten. Er sucht nach Formbildungsgründen und findet im Falle von Tanacetum corymbosum, dass verschiedene Ernährung der Zweige verschiedene Grösse der an deren Enden stehenden Blütenköpfchen zur Folge hat. Diese Folge mag zwar gleichzeitig als eine bessere Ausnutzung des Raumes erkannt werden. Wollte man hier aber Teleologie treiben, so könnte man auch zu dem Ergebnis gelangen, dass Tanacetum corymbosum, bei dem das Endköpfchen des Hauptstammes in der Regel grösser ist, als alle übrigen, den Zweck habe, der Ahn einer Pflanze zu sein, die gleich der weissen Wucherblume (Chrysanthemum leucanthemum) gewöhnlich nur ein einziges Blütenköpfchen trägt. Die Antwort auf die Frage, welcher Zweck hier der eigentliche Zweck sei, ist für die Entwickelungsmechanik gleichgültig, und wir erkennen, dass der Entwickelungsmechaniker gut daran thut, nach Zwecken mit Vorsicht zu fragen. Unter allen Umständen müssen wir uns dessen bewusst bleiben, dass das Fragen nach Zwecken für den Forschungsbetrieb der Entwickelungsmechanik lediglich praktische Bedeutung hat.

Wer Teleologie treiben will, müsste übrigens auch das Reich der anorganischen Natur in seine Betrachtungen hineinziehen. Diese Forderung könnte man aber mit der Bemerkung ablehnen wollen, dass die Organismen doch so ganz anders beschaffen seien, als die Gebilde der anorganischen Natur; denn im Reiche des Organischen herrsche die Lebenskraft, und die lenke die physikochemischen Kräfte so, dass sie Zweckmässiges zuwege brächten. Da es nun Naturforscher giebt, die zwar die Teleologie verwerfen, aber den Organismen eine oder mehrere Arten gesetzmässigen Geschehens, wie es in der anorganischen Natur nicht angetroffen wird, zuschreiben möchten, also der Annahme

einer Art Lebenskraft zuneigen, so haben wir im nächsten Abschnitt zu untersuchen, ob eine solche Annahme möglich ist.

Im vorstehenden Abschnitt und in diesem Buche überhaupt ist unter Teleologie die metaphysische Auffassung verstanden, wonach die uns zweckmässig dünkende Einrichtung der Organismen das Werk eines Zwecksetzers, einer zweckmässig schaffenden Intelligenz, einer Gottheit ist. Man kann aber auch den Standpunkt, für den die Organismen so eingerichtet sind, als verdankten sie einer zwecksetzenden Intelligenz ihren Ursprung, als Teleologie bezeichnen, wie z. B. Driesch, „Analytische Theorie der organischen Entwickelung" (Leipzig 1894), es thut.

Das Suchen nach zweckmässigen Einrichtungen wird in der biologischen Forschung vielfach geübt, und es wird gelegentlich charakteristisch für diesen oder jenen Forscher, so für Stahl, z. B. in dessen Arbeiten „Pflanzen und Schnecken" (Jenaische Zeitschr. f. Naturwissenschaft u. Medicin. Bd. XXII. N. F. XV. 1888), „Regenfall und Blattgestalt" (Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg, Bd. XI) und „Über bunte Laubblätter" (ebenda, Bd. XIII.).

Den oben erbrachten Nachweis, dass teleologische Betrachtungsweise unmöglich wird, sobald man bei der Analyse einer Reihe von Geschehnissen auf die einzelnen Vorgänge stösst, verdanken wir Dreyer: „Studien zu Methodenlehre und Erkenntniskritik" (Leipzig 1895).

So fruchtbringend das Fragen nach Zwecken oft gewesen ist, so gefährlich bleibt es für die Entwickelungsmechanik selbst als heuristisches Princip, als Wegweiser zu entwickelungsmechanischen Funden, als Handwerkszeug entwickelungsmechanischer Forschung, und zwar nicht bloss in den Händen unkritischer Arbeiter. Deswegen fragt es sich, ob es nicht besser wäre, es völlig aus der exakten Wissenschaft zu verbannen, und ob man nicht weiter kommt, wenn man lediglich nach Formbildungsgründen sucht. Folgendes Beispiel wird diese Frage berechtigt erscheinen lassen: Werden unsere Fragen nach den Zwecken der einzelnen Teile einer Maschine, z. B. einer Lokomotive, richtig beantwortet, so wird unser Verständnis dieser Maschine gefördert; das ist zweifellos. Aber wenn wir keinen völlig sachkundigen Maschinenkenner finden, thun wir besser, den Gang der Maschine nach Ursachen und Wirkungen selbst in allen Einzelheiten zu untersuchen. Haben wir dadurch einen vollkommenen Einblick in das Triebwerk erlangt, so mögen wir nachträglich immerhin sagen, dieser Teil der Maschine habe diesen, jener jenen Zweck. Neue Einsicht gewinnen wir dadurch aber nicht, so weit die Maschine selbst in Betracht kommt. Wir können nur auf einen Erbauer der Maschine schliessen und sagen, dieser habe hier einen Hebel, dort ein Rad angebracht, weil er den Zweck hatte, eben diese Maschine zu schaffen. Der Organismus lässt sich nun mit einer Maschine vergleichen. Aber es findet sich niemand, der uns über die Zwecke der einzelnen Teile dieser Maschine Auskunft gäbe. Deshalb bleibt uns nichts übrig, als sein Triebwerk nach physikalisch-chemischen Principien zu untersuchen; denn nur das giebt uns mechanische Einsicht. Haben wir diese vollkommen erreicht, so kann uns die Bezeichnung dieses oder jenes Organs als zweckmässig keine weitere Förderung im Verständnis des Organismus als Mechanismus bringen; wir können dann nur noch zu der Auffassung gelangen, der Organismus stelle die Verwirklichung eines Zweckes dar. Ein Zweck setzt aber einen Zwecksetzer voraus; die Bezeichnung der Teile des Organismus als zweckmässig führt uns also direkt in das dem exakten Naturforscher als solchem verschlossene Gebiet der Metaphysik, und darin hätten wir den einzigen Gewinn zu erblicken, der uns nach der mechanischen Analyse des Organismus noch möglich war.

Bei dem Ersinnen jedes Maschinenteiles hat der Erbauer die ganze Maschine im Auge gehabt. Kein Mensch stellt aber eine Maschine her, ohne einen Zweck

dabei zu verfolgen, und sei es auch nur der, einem inneren Drange zu genügen oder sich Kurzweil zu verschaffen. Wer also das Triebwerk eines Organismus versteht und danach sagt, dieses oder jenes Organ habe diesen oder jenen Zweck, muss auch konsequent genug sein, dem ganzen Organismus einen Zweck zuzuschreiben. Damit liegt aber die weitere Notwendigkeit vor, dem ganzen Weltgetriebe, in welchem der betreffende Organismus dann einen bestimmten Zweck erfüllt, und damit jeder Einzelheit des Weltgetriebes einen Zweck beizumessen. Die Zwecke der einzelnen Teile des Weltgetriebes könnten aber nur dadurch erkannt werden, dass des letzteren Mechanismus vollkommen durchschaut würde, ein Ziel, das nur durch dessen exakte Erforschung, nicht aber durch blosses Fragen nach Zwecken, vollkommen zu erreichen wäre. Der teleologischen Weltauffassung müsste also die mechanistische vorausgehen: Erst die Physik, dann die Metaphysik.

Trotz allem Vorgebrachten wäre es ein Irrtum, zu glauben, dass mechanistische und teleologische Weltauffassung einander ausschlössen. Aber die Teleologie darf sich nicht am unrechten Ort Gehör zu erzwingen suchen. Im übrigen hat sie Berechtigung, eine Auffassung, der das Werk „Die Schöpfung des Menschen und seiner Ideale“ (Jena 1895) Geltung verschaffen will, indem es nachzuweisen sucht, dass die mechanistische Naturbetrachtung, die der Naturforscher nicht entbehren kann, Raum für den Glauben an eine sittliche Weltordnung lässt. Eine sittliche Weltordnung kann nur dort sein, wo Zwecke verwirklicht werden sollen.

Da eine befriedigende teleologische Weltauffassung nur auf Grund einer befriedigenden mechanistischen möglich ist, so arbeitet diese jener vor. Das kann sie aber nur dann in erspriesslicher Weise, wenn sie sich vor der Einschmuggelung teleologischer Betrachtungen hütet und ihr Gebiet reinlich von dem der Teleologie trennt. Dass nur auf Grund solcher Trennung', nicht aber durch Verquickung teleologischer und religiöser Fragen mit wissenschaftlichen, wie man sie leider vielfach antrifft, eine Versöhnung zwischen Religion und Wissenschaft möglich ist, wurde gleichfalls in dem citierten Werke über „Die Schöpfung des Menschen“ zu zeigen versucht, ein Versuch, der u. a. von denen nicht verstanden werden kann, die nicht begreifen, dass das Leugnen von Zwecken für die exakte Forschung ebenso wertlos ist, wie das Behaupten von Zwecken. Auch wer es nicht fassen kann, dass jemand diesseits der Grenzen des exakten Naturerkennens nur die mechanistische Weltanschauung gelten lässt, jenseits aber die teleologische für zulässig hält, wird jenes Werk nicht verstehen.

Mit der mechanistischen Weltanschauung ist die Teleologie von dem Physiker Maxwell in Verbindung gebracht worden, zu dessen Anschauungen sich unter den Neueren z. B. Ludwig Dressel bekennt. Dieser glaubt sein „Lehrbuch der Physik“ (Freiburg i. B. 1895) „nicht besser als mit den Worten J. Clerk Maxwells beschliessen zu können, die er an das Ende seines Buches über die ‚Theorie der Wärme‘ gesetzt hat, wo er von den letzten Stoffteilchen als den bestimmenden Faktoren im Spiele der Naturerscheinungen spricht. Nachdem er sich dahin ausgesprochen, dass die Atome der Stoffe nicht durch eine Art Entwickelung sich allallmählich zu dem herausgebildet haben können, als was sie sich uns unabänderlich darstellen, fährt er fort: ‚Sind sie wirklich, wie wir glauben, die einzigen materiellen Dinge, welche immer in demselben Zustande bleiben, in welchem sie sich im Anfang ihrer Existenz befanden, warum sollen wir in ihnen nicht vielmehr die Anzeichen für das Walten jenes Geistes der Ordnung erblicken, auf den unser wissenschaftliches Vertrauen gerichtet ist, das niemals durch die Schwierigkeiten, seine Spuren in den verwickelten Anordnungen der sichtbaren Welt zu verfolgen, erschüttert werden kann, und dessen moralische Anerkennung in allem unsern Streben nach Wahrheit und nach Erkenntnis der wahren Principien der Vorsehung ent-

halten ist.' Dass Maxwell mit jenem Geist der Ordnung Gott, den Schöpfer, bezeichnen wollte, geht aus einer Parallelstelle in dem von ihm verfassten Artikel 'Atom' der Encyclopaedia Britannica (9. Auflage) hervor. Hier schreibt er, vom Ursprung des Atoms redend: 'Die Wissenschaft (er meint die Naturwissenschaft) ist nicht zuständig, die Erschaffung der Materie aus nichts in den Bereich ihrer Erörterungen zu ziehen. Mit der Annahme, dass die Materie erschaffen sein muss, weil sie nicht ewig und von selbst existierend sein kann, haben wir die äusserste Grenze erreicht, die unserm Denkvermögen zugänglich ist.' Hiermit deutete Maxwell ganz in Übereinstimmung mit einer gesunden Philosophie auf die letzte, wahre Ursache hin, nicht bloss der Atome und der durch sie bedingten Ordnung in den Naturerscheinungen, sondern auch der ganzen sichtbaren Welt und all ihrer wundervollen Aus- und Umgestaltungen."

In den hier wiedergegebenen Anschauungen Maxwells und Dressels haben wir ein Beispiel von Teleologie am richtigen Platze vor uns. Es ist aber durchaus unzulässig, teleologische oder dysteleologische Betrachtungen innerhalb der exakten Wissenschaft, insbesondere auch innerhalb der Entwickelungsmechanik der Organismen, eine Rolle spielen zu lassen, was vielfach vergessen wird.

Ein Vertreter einer dysteleologischen Metaphysik ist Haeckel (vergl. z. B. dessen „Natürliche Schöpfungsgeschichte", Berlin 1868, etc. etc.). Die Entwickelungsmechanik, wie jede andere mechanistische Wissenschaft, fragt indessen nicht „Wozu?" sondern „Warum?", d. h. sie stellt die Frage nach den Daseins- und Geschehnisgründen vergänglicher Dinge und vorübergehender Geschehnisse.

Dass sich eine Teleologie am rechten Platze mit der mechanistischen Weltanschauung verträgt, mag folgendes Citat aus dem genannten Werke Dressels lehren: „Bewegung und Spannung oder kinetische und statische Energie sind die obersten zwei Rubriken, unter welche wir sämtliche Triebfedern einreihen können, welche das materielle Universum beständig im Gange erhalten. Dieser Gang ist aber einerseits ein überaus verwickelter, andererseits ein regelmässiger, durch unabänderliche Gesetze geleiteter. Dazu, dass eine einfache Uhr richtig gehe, dass sie die Stunden, Minuten und Sekunden rechtzeitig angebe, dass sie die ganzen, halben und Viertelstunden auf den dazu bestimmten Glocken anschlage, genügt es nicht, kräftige Federn sich entspannen oder Gewichte ablaufen zu lassen und allenfalls auch noch ein Pendel anzubringen, um die Entspannung gleichmässig vor sich gehen zu lassen. Es bedarf hierzu ausserdem noch einer Reihe von Rädern, die nach einem vorher durchdachten Plane einzeln in besonderer Weise ausgestaltet, mit einer bestimmten Zahl von Zähnen versehen, dann in ganz bestimmter Weise unter sich zusammengestellt und mit dem Triebwerke verbunden werden. In noch viel höherem Grade setzt ein so unsagbar vielgliedriger Mechanismus, wie die sichtbare Welt einer ist, eine so verschlungene Kette von Änderungen und Verwandlungen, von denen uns die Vorgänge auf der Erde nur den kleinsten Teil verraten, sein so wunderbar grosses Entwickelungsbild, von dem uns die Geologie und die Paläontologie unserer Erde nur winzige Bruchstücke aufweisen, ein entsprechend eingerichtetes Räderwerk neben den Triebfedern der kinetischen und statischen Energieen voraus. Die Räder in demselben sind keine andern als die kleinsten Stoffindividuen, das grosse Heer der winzigen Atome der chemischen Elemente. In ihrer verschiedenen, aber unveränderlichen Ausgestaltung und Naturanlage, in ihrer Wechselwirkung mit dem sie umschliessenden Äther ist die gesetzmässige Abwickelung der Veränderungen des Universum grundgelegt. Wir haben uns jedes dieser Atome, der Hauptfaktoren in dem wundervollen Spiele der Verwandlungen innerhalb des anorganischen Naturreiches, als stoffliches System zu denken, das infolge der Anordnung seiner Teile und der ihm eigentümlichen Bewegungen bestimmten stabilen Gleichgewichtslagen

zustrebt, welche zwar unter verschiedenen äussern Verhältnissen andere sein können, unter gegebenen Umständen aber immer nur auf einen Punkt hinzielen. Sehr wahrscheinlich sind die verschiedenen Atome alle aus einem und demselben Urstoff gebildet, der vielleicht mit dem Äther identisch ist. Während die Atome vermittelst ihrer inneren Bewegungen die allgemeine Massenanziehung und die specifisch sich ändernden Anziehungen der chemischen Affinität und Molekülkohäsion hervorrufen und so zu einer immer grösseren Koncentration der wägbaren Materie hinführen, sehen wir diese letztere andererseits von einer Bewegung durchzittert, welche dieser Stoffverdichtung erfolgreich entgegenwirkt. Es ist diese Bewegung die Wärme im engeren Sinne. Ursprünglich scheint sie so weit die Oberhand gehabt zu haben, dass sie, das besondere eigentümliche Wirken der Atome vereitelnd, allen Stoff der Welt zu einem gleichartigen Urnebel disgregierte, dem scheinbar alle Unterschiede fremd waren. Indem später die Wärme aus der wägbaren Materie in Form von Ätherstrahlung mehr und mehr in das weite Gebiet des Äthers sich verlor, begann die Differenzierung der wägbaren Materie unter dem scheidenden Einfluss der specifisch verschiedenen Tendenzen der Elementaratome immer deutlicher sich zu entfalten, bis schliesslich die heutige hoch entwickelte harmonische Ordnung der Dinge sich herausbildete. Unzählbar viele und unabsehhar mannigfaltig sind heute sowohl die grossen gesonderten Stoffaggregate der Himmelskörper als auch die kleinern verschiedenen Stoffgebilde auf jedem einzelnen derselben, überaus mannigfaltig und wechselnd sind heute die sich entspannenden und spannenden Federn und Zuggewichte der mechanischen, physikalischen und chemischen Kraftwirkungen. Doch die grosse Weltenuhr steuert heute trotzdem ebenso sicher und unentwegt und von allen scheinbar störenden Katastrophen unbeirrt, einem einheitlichen Plane folgend, ihrem Endziele entgegen, weil bei all dem äussern Wechsel der Dinge die innern wirkenden Ursachen und Triebfedern, die mit bestimmten Kräften und Anlagen ausgestatteten Stoffteilchen, sich gleich bleiben."

3. Entwickelungsmechanik und Vitalismus.

Die Anschauung, wonach über dem organischen Formenbildungsprocess und dem Leben der Tiere und Pflanzen gewissermaassen eine Organisatrix, bezw. Direktrix oder Gubernatrix, die Lebenskraft, schwebt, welche die Stoffe und Kräfte der anorganischen Natur im Organismus in die richtigen Bahnen lenkt, kann als überwunden gelten. Zwar taucht sie noch gelegentlich hier und da auf, aber entweder in Schriften und Reden, die auf wissenschaftliche Bedeutung keinen Anspruch haben, oder in Werken von Naturforschern und Philosophen, die das, was sie über die Lebenskraft sagen, nicht eingehend und sorgfältig genug bedacht haben und deshalb gleichfalls für die betreffenden Auslassungen keine Beachtung fordern können. Anders liegen die Dinge, wenn der Vitalismus, wie man die Lehre von der Lebenskraft nennt, in einer Form auftritt, welche die Fehler seiner alten Bekenner zu vermeiden sucht. Letzteres thun diejenigen Vitalisten, die erkannt haben, dass man unter den verschiedenen sogenannten Kräften nur verschiedene Arten des Geschehens verstehen darf.

Um uns mit diesem kritischen Vitalismus abzufinden, müssen wir uns noch etwas eingehender mit den Arten des Geschehens befassen, als wir es bisher gethan haben.

Wir haben gesehen, dass wir als Arten der Thatsächlichkeit Farben, Töne, Düfte, Geschmacks-, Tast- und andere Elemente unterscheiden können. Mit diesen Thatsächlichkeiten sind uns Raum und Zeit nebst den Veränderungen darin gegeben, weiter aber nichts, was zu betonen nötig ist, damit wir einsehen, dass die sogenannten Naturkräfte nur Gedankengebilde sind. Diese Sachlage wird dadurch nicht geändert, dass wir an Stelle des deutschen Wortes „Kraft" das zur Verschleierung des Sachverhaltes besser geeignete griechische „Energie" gebrauchen.

Gehen wir nun auf die einzelnen Arten des Geschehens ein, so stossen wir auf andere Unzulänglichkeiten der üblichen Ausdrucksweise. Wir sprechen von Licht, also von einer Energieart, bei der wir es mit Farben zu thun haben. Welche Energieart entspricht aber etwa den Düften? Nehmen wir für die Farben eine besondere Art der Energie an, so müssen wir es auch für die Düfte thun, und für die Geschmackselemente nicht minder. Aber inkonsequenter Weise unterscheiden wir weder Duft- noch Geschmacksenergie, sprechen hingegen u. a. von chemischer Energie, ohne angeben zu können, welchem Gebiete des qualitativen Thatsächlichen die chemische Energie entspricht. Den Farben, die wir bei chemischen Processen wahrnehmen, entspricht die Energieart Licht; den dabei auftretenden Düften hätte analoger Weise eine besondere Energieart zu entsprechen, desgleichen den Geschmackselementen. Chemische Processe machen sich gelegentlich auch durch Wärme- und Kälteentwickelung bemerkbar; aber den Thatsachen Heiss, Warm, Kalt entspricht die Energieart Wärme, und etwaigen bei chemischen Processen auftretenden Hörelementen eine besondere Form der mechanischen Energie. Specifische Thatsachen, Thatsachen, die ebenso eigenartig sind, wie z. B. Rot, Heiss, Laut, lassen sich zur Kennzeichnung der chemischen Energie nicht anführen. Wie kommen wir dann aber dazu, überhaupt von chemischer Energie zu sprechen?

Thatsächlich verbirgt sich hinter dem eingebürgerten Operieren mit Kräften und Energieen ein recht ansehnliches Stück mangelhafter Naturanalyse und bedenklicher Metaphysik. Entspricht der Farbe die Energieart Licht, so müssen wir eigentlich, wollen wir noch ferner von Energieen sprechen, das durch die Bezeichnung des Lichtes als einer Energieart aufgestellte Princip auch konsequent durchführen. Dann würden wir so viele noch in zahlreiche Unterarten zerfallende Energiearten erhalten, wie wir Sinne unterscheiden. Wir gelangten dann zu folgendem Schema:

Sinnesorgan:	Sinn:	Thatsächlichkeitselement:	Energieart:
Auge:	Gesicht:	Farbe:	Licht.
Ohr:	Gehör:	Ton:	Schall.

Geschmacksorgan:	Geschmackssinn:	Geschmack:	Geschmacksenergie.
Geruchsorgan:	Geruch:	Duft:	Duftenergie.
Tastorgan:	Gefühl:	Tastwahrnehmung:	Tastenergie.

Und von allen fünf in der letzten Kolumne logischerweise unterschiedenen Energiearten lassen wir nur das Licht und allenfalls den Schall als solche gelten. Dafür sprechen wir u. a. von chemischer Energie, für deren Specifität wir doch gar kein Organ haben. Was bleibt von ihr, wenn wir alles das, woraus wir einen Schluss auf ihr Dasein ziehen, wenn wir die Licht-, Wärme- und Bewegungserscheinungen, wenn wir überhaupt alle Thatsächlichkeitselemente, die man mit der chemischen Energie in Zusammenhang bringt, anderen Energiearten zuzuweisen gezwungen sind? Zu dem Zugeständnis, dass dann nichts bleibt, sieht sich wenigstens genötigt, wer sich zu einer rein energetischen Weltanschauung bekennt und die alte, allerdings einer Reform bedürftige, mechanistische Weltanschauung verwirft. Wer sich in letzterer aber nicht beirren lässt, kommt mit einem Schlage aus all den von uns nur skizzierten Schwierigkeiten heraus. Er kann neben den Bewegungsarten, die dem Schall, dem Licht, der Wärme und anderen Qualitäten der Thatsächlichkeit entsprechen, auch Bewegungsarten annehmen, für die uns, wie für die ultravioletten Strahlen des Spektrums, deren Dasein wir nicht direkt wahrnehmen, sondern nur erschliessen können, dass Sinnesorgan fehlt. Für ihn sind z. B. Elektricität und Magnetismus specifische Arten der Bewegung, ebenso wie Schall, Licht und Wärme, eine Erkenntnis, durch die wir genügend vorbereitet sind, um uns mit dem kritischen Vitalismus beschäftigen zu können.

Nach einem der Vertreter des kritischen Vitalismus wird man auf dem Gebiete der Organismenkunde Gesetzmässigkeiten eines Geschehens zu erforschen haben, das in der anorganischen Natur nicht vorkommt, Gesetzmässigkeiten vitalen Geschehens.

Es giebt auf dem Gebiet des Organischen in der That Erscheinungen, die auf den ersten Blick anderswo kein Analogon zu haben scheinen. Dahin gehört z. B. die Thatsache der Selbstregulation, die wir an manchen tierischen Keimen beobachten. Trennt man die zwei oder vier Zellen, in die sich ein Amphioxusei eben geteilt hat, voneinander, so entsteht aus jeder eine Amphioxuslarve, während die Zelle, hätte man sie in ihrer Lage gelassen, nur einen Teil der Larve geliefert haben würde. Es muss also wohl in einem isolierten Stück des Keimes eine andere Ordnung des Geschehens platzgreifen, als in einem in seiner ursprünglichen Verbindung verbliebenen, und für diese Umordnung könnte man vielleicht eine besondere Art der Energie verantwortlich machen wollen. Wie dem auch sei, es giebt entwickelungs-

mechanische Theorieen, die mit kleinen über den chemischen Molekülen stehenden bestimmt geformten und mit polaren Kräften ausgestatteten Körpern, und andere, die mit specifischen Bewegungen unterworfenen Molekülen arbeiten. Solche Theorieen operieren also mit etwas, was in der anorganischen Natur nicht vorkommt, mit Vitalem oder besser Organoplastischem. Aber nach der Anschauung über die Energieen, zu der wir gelangt sind, kann es sich dabei um weiter nichts handeln, als um Bewegungen, die in letzter Linie auf Elementarmechanismen hinauskommen. Bei diesen letzteren kann aber von specifisch Organoplastischem nicht mehr die Rede sein, so wenig wie etwa von Eisen- oder Schwefelbildendem. Deshalb könnte das Organoplastische, der Plasticismus, wie wir sagen können, höchstens einen Platz in der Reihe beanspruchen, die von Schall, Licht und Wärme, von Elektricität, Magnetismus und anderen Energiearten gebildet wird. Dann ist aber der Plasticismus so gut Mechanismus, wie diese, und er muss dann auch dem Gesetze von der Erhaltung der Energie gehorchen. Er gehört dann in das Gebiet der Physik hinein, wie Licht und Wärme. Einen Vitalismus, der das Organische in Gegensatz zum gesamten Unorganischen zu bringen versuchen sollte, müssten wir also verwerfen; das ist der Standpunkt, den die Entwickelungsmechanik der Frage des Vitalismus gegenüber einzunehmen hat.

Für uns ist Leben nichts weiter als Bewegung. Organisches Leben mag zwar eine besondere Art der Bewegung sein, aber Bewegung ist es trotzdem. Ist Leben aber Bewegung, so dürfen wir auch von unorganischem Leben sprechen. Das mag befremdend klingen, hilft uns aber über alle Schwierigkeiten hinweg. Wir haben dann zu unterscheiden einerseits zwischen Bewegung und Ruhe, oder Leben und Tod, anderseits zwischen Organischem und Unorganischem. Organisches kann demgemäss leben oder tot sein: Eine glashart gefrorene Raupe ist ein toter Organismus; sie kann aber auftauen und setzt dann unter Umständen ihren Entwickelungsprocess fort. Auch Unorganisches kann leben oder tot sein. Ein Stück Kreide ist tot. Wirft man es aber in Säurelösung, so entsteht Leben. Scharfe Unterscheidung ist hier geboten: Ein Insekt, das eine Kerzenflamme umtanzt, hat organisches Leben; fliegt es in die Flamme hinein, so tritt wohl Desorganisation, aber nicht Tod ein; an Stelle des organischen Lebens tritt unorganisches. Zerstörung der Organisation und Tod ist also nicht dasselbe. Eine hartgeforene Raupe ist durch Kälte getötet, braucht aber darum nicht desorganisiert zu sein. Der Leichnam eines Menschen ist desorganisiert, kann aber trotzdem von Leben strotzen, wie es menschliche Leichen im Verbrennungsraum des Krematoriums thun. Wer es aber vorzieht, die Worte Leben und Tod in der üblichen Weise zu gebrauchen, der muss sich darüber klar sein, dass dieses nicht geschehen

darf zu Gunsten eines über dem Mechanismus schwebenden Vitalitätsprincipes. Indessen wird man einwerfen, dass der Organismus empfindet. Er hat, so heisst es, eine Seele. Diesem Einwurfe haben wir zu begegnen.

Falls nur die organische Natur ein Seelenleben hätte, die unorganische aber nicht, so würde zwischen dieser und jener ein tiefgreifender Unterschied bestehen, wohl geeignet, uns an der Möglichkeit einer Entwickelungsmechanik zweifeln zu lassen. Denn es läge dann allzunahe, die Seele des Organismus als ein das mechanische Geschehen durchbrechendes regulatives Princip zu betrachten, das den Stoff des Organismus und des letzteren Entwickelungsprocesse dem Mechanismus zum Trotze beherrscht, so dass von einer Mechanik der Entwickelung füglich nicht die Rede sein könnte. Anders liegen die Dinge, wenn auch das Unorganische beseelt ist. Wir wissen, das dieses den physikalisch-chemischen Gesetzen, den Gesetzen der Mechanik im weitesten Sinne, unterworfen ist. Ist es also gleich den Organismen beseelt, so dürfen wir auch Bau, Entwickelung und Leben der letzteren als Gegenstände der mechanistischen Forschung betrachten.

Die Frage, ob auch das Unorganische beseelt sei, werden viele ohne weiteres verneinen. Es wird auch manche Naturforscher geben, die den Pflanzen ein Seelenleben absprechen. Ebenso mag man ein solches den niederen Tieren vielfach nicht zugestehen wollen. Ferner giebt es, wenigstens ausserhalb des Kreises der Wissenschaft, Menschen genug, die ein Seelenleben, analog dem des Menschen, nicht einmal bei den höheren Tieren finden zu können vorgeben. Wollen wir uns endlich selbst auf einen möglichst kritischen Standpunkt stellen, so müssen wir bekennen, dass wir einen zwingenden Beweis dafür, dass andere Menschen ein Seelenleben besitzen, nicht beizubringen wissen.

Wir dürfen nämlich nicht vergessen, dass alles, was wir von der Welt wissen, nur Kombinationen verschiedener Elemente des Thatsächlichen, verschiedener Farben, Töne, Düfte und anderer Thatsächlichkeitselemente sind. Darüber hinaus wissen wir nichts. Wir können z. B. den Schmerz, den ein anderer Mensch, der etwa von einer Biene gestochen wird, zu empfinden scheint, nicht wahrnehmen, sondern nur Äusserungen dieses Menschen, die darauf schliessen lassen, dass er einen Schmerz empfindet, weil sie dem Ausdrucke, den wir selbst einer Schmerzempfindung zu geben pflegen, ähnlich sind. Trotz alledem wird es nur sehr wenige Menschen geben, und zwar nur auf einem einseitig hyperkritischen Standpunkt stehende Philosophen, die das Vorhandensein eines Seelenlebens bei anderen Menschen in Abrede stellen. Wir können ihnen darin nicht folgen, müssen aber, wenn wir anderen Menschen ein Seelenleben zugestehen, dieses Zugeständnis auch auf die höheren Tiere ausdehnen. Wer sich mit diesen irgendwie beschäftigt,

wer etwa Haushunde oder andere domesticierte Tiere, wer gefangene oder freilebende Vögel beobachtet hat, wird, falls er nicht in Vorurteilen befangen ist, die anderen als wissenschaftlichen Quellen entspringen, nur quantitative Unterschiede zwischen dem Seelenleben der höheren Tiere und dem des Menschen anerkennen. Von der Entwickelungsstufe, auf welcher etwa höhere Säugetiere oder Vögel in Bezug auf ihr Seelenleben stehen, bis zu derjenigen, die von allerniedersten tierischen Wesen eingenommen wird, giebt es aber eine ununterbrochene Stufenleiter allmählicher Übergänge. Geben wir also einmal zu, dass andere Menschen und höhere Tiere ein Seelenleben haben, so müssen wir ein solches sämtlichen tierischen Organismen zuschreiben. Von den niedersten Tieren unterscheiden sich aber die niedersten Pflanzen nicht in einem Grade, der es uns gestatten würde, jenen ein Seelenleben zuzubilligen, diesen aber nicht. Deshalb muss ein solches auch den niedersten Pflanzen zukommen und somit auch den höheren. Wir können aber auch der anorganischen Natur eine Beseelung nicht absprechen, denn organisches Leben kann in unorganisches übergehen. Das sehen wir z. B., wenn wir ein Stück lebender Substanz eines niederen Tieres, etwa einer Foraminifere, vom Körper trennen und sich selbst überlassen. Es zeigt im Anfang noch alle Lebensäusserungen des Organismus, dem es angehörte. Allmählich gehen aber die charakteristischen organischen Bewegungen in unorganische, insbesondere chemische über, ohne dass wir einen etwaigen Moment angeben könnten, in welchem die Seele, die das betreffende Stück vor und nach seiner Abtrennung hatte, von ihm wich. Seine Bewegungen nehmen zwar andere Formen an und sind oft nicht direkt wahrzunehmen, können auch ebenso, wie die Bewegungen eines Organismus, zeitweilig in Ruhe übergehen. Aber unter geeigneten Umständen tritt an Stelle der Ruhe immer wieder Bewegung, sowohl chemische als auch physikalische, und die Annahme, dass dieser Bewegung keine Beseelung entspräche, lässt sich durch keine irgendwie gearteten Gründe stützen. Gestehen wir den Organismen ein Seelenleben zu, so können wir nicht umhin, auch die unorganische Natur beseelt sein zu lassen. Wir kommen demnach zu dem Ergebnis, dass zwischen der organischen und der unorganischen Natur kein principieller Unterschied besteht, dass wir wenigstens von einem solchen Unterschiede nichts wissen und nichts wissen können und deshalb nicht berechtigt sind, wissenschaftlich auf einen etwaigen Unterschied Rücksicht zu nehmen.

Es fragt sich aber, ob wir von der Annahme einer Beseelung der gesamten Natur ausser dem allgemeinen Vorteil, dass durch sie auch der Organismus zum Gegenstande mechanischer Forschung wird, noch weitere Förderung des wissenschaftlichen Betriebes der Entwickelungsmechanik erwarten dürfen. Diese Frage ist zu verneinen, denn wir

können, wie wir gesehen haben, nicht einmal dafür einen bindenden Beweis beibringen, dass andere Menschen gleich uns fühlen und denken; es ist uns absolut unmöglich, die Empfindungen anderer Menschen direkt wahrzunehmen. Freilich können wir sie als analog den unsrigen betrachten. Je weiter wir uns aber, die Stufenreihe der Organismen hinabsteigend, von andern Menschen und den höheren Tieren entfernen, desto unzutreffender müssen die Vorstellungen werden, die wir uns von dem Empfindungen anderer beseelter Wesen machen können. Wir verlassen also den Boden exakter Naturforschung, wenn wir die Empfindungen anderer Organismen mit in Rechnung ziehen und für die Entwickelungsmechanik zu verwerten suchen. Es ist schon unzulässig, bei Untersuchungen, welche die Physiologie der Sinnesorgane, der Nerven und des Gehirns des Menschen und der höheren Tiere betreffen, die Empfindungen, die an physiologische Processe im Nervensystem gebunden sind, in Betracht zu ziehen. Umsomehr ist es geboten, bei Untersuchungen, welche die Mechanik niederer Organismen und niederer Entwickelungszustände der höheren Organismen zum Gegenstande haben, die Empfindungen gänzlich ausser Acht zu lassen. Wir können, um ein Beispiel anzuführen, uns wohl denken, dass wir die Natur der Bewegung, die dem Lichte entspricht, genau erkannt hätten, ebenso die Bewegungsvorgänge, die ein Lichtstrahl, der die Netzhaut eines Menschen trifft, in dessen Sehnerv und weiterhin in dessen Gehirn anregt, ferner auch die Anregung zu Bewegungen, die andere Teile des Gehirns dieses Menschen von dessen Sehsphäre aus empfangen, weiter die Bewegungen der Muskeln oder anderer Organe, die vom Gehirn aus in Bewegung gesetzt werden, und schliesslich die mechanischen Veränderungen, welche ausserhalb dieses Organismus befindliche Gegenstände dadurch, dass der Organismus in Bewegung gesetzt worden ist, erleiden; aber wir sehen auf keine Weise ein, warum der betreffende Mensch bei bestimmten Vorgängen in seinem Centralnervensystem bestimmte Empfindungen hat, obwohl wir an deren Vorhandensein nicht zweifeln. Deshalb dürfen wir Empfindendes und Empfundenes nicht durcheinander werfen.

Auf Grund dieser Erkenntnis müssen wir vom Gebiete der Entwickelungsmechanik Theorieen fortweisen, die Empfindungen eine Rolle bei mechanischen Entwickelungsprocessen spielen lassen. Es giebt nämlich Lehren, die, sei es Moleküle der organischen Substanz, sei es keimesgeschichtliche Entwickelungsstufen der Organismen, mit Empfindungen ausstatten, und, indem sie den einen wie den andern ein Gedächtnis zuschreiben, die hierdurch aufgestellte Hypothese benutzen, um die Entwickelung des Individuums aus dem Keim und insbesondere die Vererbung verständlich zu machen. Moleküle der lebenden Substanz des Organismus, bezw. Keime, sollen sich der Erlebnisse ihrer

Vorfahren und insbesondere des Entwickelungsprocesses, den diese durchgemacht haben, erinnern, und das Molekülgedächtnis, bezw. der „Erinnerungsreiz“ der Keime, soll die Veranlassung sein, dass die betreffenden Moleküle, bezw. Keime, wieder denen ihrer Vorfahren gleiche Organismen zuwege bringen. Solche Theorieen sind für die Entwickelungsmechanik nicht nur überflüssig, sondern auch sonst unhaltbar. Letzteres geht aus folgenden Betrachtungen klar hervor: Je zahlreicher die Empfindungen, die ein Seelenorgan hat, und die Kombinationen dieser Empfindungen sind, desto komplicierter muss auch das Seelenorgan sein. Die Wissenschaft ist zu dem Ergebnis gelangt, dass komplicierten Wahrnehmungen und Vorstellungen auch ein sehr komplicierter Gehirnbau entspricht, ja dass jede Empfindung an ganz bestimmte Vorgänge im Gehirn gebunden ist, und dass auch die geringfügigste Komplikation von Empfindungen nicht möglich wäre, wenn im Gehirn nicht ganz bestimmte Wege vorgezeichnet wären. Schon die Möglichkeit, ein Wort zu behalten, setzt notwendigerweise eine Reihe verwickelter Beziehungen unter den einzelnen Ganglienzellen des menschlichen Gehirns voraus, und um die Vorstellungen eines Menschen zu haben, muss man ein menschliches Gehirn besitzen. Es ist also unmöglich, dass ein Molekül der Substanz, die den Organismus aufbaut, eine Vorstellung von etwas haben kann, von dem es nur ein Baustein ist, und ebenso unmöglich ist es, dass der Keim eines Organismus eine Erinnerung an eine höhere individuelle Entwickelungsstufe seiner Vorfahren haben kann. Mit Anschauungen, die das Gedächtnis eine Rolle bei Entwickelungsvorgängen spielen lassen, wird demnach eine unmögliche Forschungsrichtung betreten. Die Entwickelungsmechanik hat sich von derartigen Anschauungen frei zu halten. Dagegen ist es Aufgabe der Psychologie, die Wahrnehmungen und Vorstellungen anderer Organismen auf Grund von Vergleichung und Analogieschlüssen festzustellen. Für sie hat das Fragen nach den Empfindungen anderer Wesen eine Bedeutung, nicht aber auf dem Gebiete der Entwickelungsmechanik, die gut daran thut, von einer Rücksichtnahme auf Empfindungen, welche Tiere und Pflanzen etwa haben können, völlig abzusehen.

Die bereits uralte Anschauung von der Beseelung aller Dinge, die gewöhnlich als Hylozoismus bezeichnet wird und unter den zeitgenössischen Naturforschern ihren bekanntesten Vertreter in Haeckel hat, findet selbst unter den Biologen nur geringen Beifall. Man vergisst aber, dass man sich einer Inkonsequenz schuldig macht, wenn man die Organismen beseelt sein lässt, die unorganische Natur aber nicht. Es ist kaum begreiflich, dass Naturforscher, die den Vitalismus eifrig bekämpfen und z. B. in dem Leben des Menschen nichts weiter erblicken als einen Komplex physikalisch-chemischer Processe, dennoch so sehr unter der Herrschaft vitalistischer Ideen stehen, dass sie vor dieser Inkonsequenz nicht zurückschrecken. Wenn der Mensch beseelt ist, und wenn sein Leben nichts weiter ist als ein Komplex physikalischer und chemischer Processe, dann sind zum mindesten die im Ge-

hirn des Menschen stattfindenden physikalischen und chemischen Processe beseelt. Warum sollen es aber nur diese sein? Warum sollen nicht auch allen andern physikalischen und chemischen Processen Empfindungen entsprechen? Die Antwort dürfte einem Gegner des Vitalismus schwer fallen. Endgültig beseitigt wird der Vitalismus, der zwei verschiedene Welten, die organische und die unorganische unterscheidet, nur durch die Annahme einer Beseelung der gesamten Natur. Für uns bedeutet diese Annahme die Möglichkeit einer Entwickelungsmechanik, denn wenn alle Mechanismen beseelt sind, so darf auch alles Beseelte als Mechanismus aufgefasst werden.

Wir erkennen aber, dass der Mechanik im weitesten Sinne, insbesondere auch der Entwickelungsmechanik, die Heranziehung von etwas Seelischem bei ihrem Forschungsbetriebe nichts nützt. Haeckel suchte dagegen seinerzeit, als er „Die Perigenesis der Plastidule" (Berlin 1876) schrieb, die Vererbung durch das Gedächtnis, die Anpassung der Organismen an ihre Umgebung durch die Gelehrigkeit und Vergesslichkeit der Plastidule, d. h. der Moleküle des organischen Bildungsstoffes, zu erklären, und Georg Peffer zieht in seiner Schrift „Die Entwickelung" (Berlin 1895), „Erinnerungsreize" zur Erklärung des Vererbung heran. Verwandte Anschauungen vertreten Cope („On Catagenesis", Proceedings of the American Association for the Advancement of Science. Vol. XXXIII, 1885) und Orr (A Theory of Development and Heredity", London 1893).

Als einen „Neovitalisten" betrachtete man unter den neueren z. B. Driesch und zwar auf Grund seiner Werke „Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft" (Leipzig 1893) und „Analytische Theorie der organischen Entwickelung" (Leipzig 1895). Er verwahrt sich aber dagegen („Die Maschinentheorie des Lebens. Ein Wort zur Aufklärung". Biol. Centralbl. XVI, Nr. 9, 1896). Kritisch mit dem Vitalismus und seinen Gegnern hat sich kürzlich Dreyer in seinen „Studien zu Methodenlehre und Erkenntniskritik" (Leipzig 1895), worin er die oben citierte Forderung aufgestellt hat, beschäftigt.

Zur Lösung der Frage, was Leben zu nennen sei, bringt Verworns Werk über „Die Bewegung der lebendigen Substanz" (Jena 1892) Beiträge. Im übrigen ist die allgemeine biologische Litteratur voll von dieser Frage, ohne dass viel dabei herauskommt, weil die vitalistische Auffassung, die uns von Kindheit an eingeimpft wird, die Auffassung nämlich, dass das Leben etwas ganz besonderes sei, auch in den meisten ihrer angeblichen Gegner noch so lebendig ist, dass diese den allein zum Ziele führenden Schritt scheuen, Leben und Bewegung als identisch zu betrachten.

4. Entwickelungsmechanik und Biologie.

Unsere bisherigen Untersuchungen haben zu dem Ergebnis geführt, dass die Entwickelungsmechanik eine rein mechanistische Wissenschaft ist. Es giebt aber noch eine andere rein mechanistische Wissenschaft, welche die Organismen zum Gegenstande hat, die Physiologie. Zur Aufdeckung des Verhältnisses dieser Wissenschaft zur Entwickelungsmechanik dient am besten ein Vergleich des Organismus mit einer Maschine.

Einer Dampfmaschine werden gewisse Energiemengen zugeführt, und andere verlassen sie wieder, ein Process, durch den ihre Bewegung in Gang gehalten wird. Auch dem Organismus wird Energie zugeführt, während andere ihn verlässt; gleich der Dampfmaschine führt auch

er bestimmte Bewegungen aus. Die Physiologie ist nun die Lehre von dem Betriebe der Maschine, die wir durch den Organismus dargestellt sein lassen wollen.

Indessen lässt sich der Vergleich des Organismus mit einer Maschine nicht völlig durchführen. Bei einer Maschine werden zwar Teile abgenutzt, aber deren Abnutzung liegt nicht im Wesen der Maschine, und man sucht sie durch geeignete Konstruktion und die Wahl passenden Materials möglichst zu verhindern. Es giebt auch Maschinen genug, die so gut gefügt und aus so widerstandsfähigem Material gebaut sind, dass sie im Laufe der Jahre nur geringe Abnutzung erleiden. Im Gegensatz zur Maschine wird aber der Organismus fortwährend abgenutzt. Durch die Thätigkeit der Muskeln, der Nerven und anderer Organe werden Muskelsubstanz, Nervensubstanz und andere organische Baustoffe verbraucht. Sie werden indessen, und das ist ein zweiter wesentlicher Unterschied zwischen Organismus und Maschine, wieder ersetzt, sei es nur annähernd, sei es vollständig oder in einem den Verbrauch übertreffenden Maasse. Der Organismus, nicht aber die Maschine, ist dem Stoffwechsel unterworfen. Die ihm zugeführten Stoffe beraubt er ihrer nutzbaren Bestandteile, um sie zu Baustoffen zu verarbeiten. Unbrauchbare Rückstände werden ausgeschieden, mit ihnen durch die Thätigkeit der Organe gelieferte Produkte, die aus einer Zersetzung der Organbaustoffe hervorgehen. Dieser Stoffwechsel des Organismus gehört ins Gebiet der Physiologie. Da der Organismus durch den Stoffwechsel erhalten wird, so können wir die Lehre von der Erhaltung des Organismus eine physiologische Disciplin nennen.

Stoffwechsel findet auf allen Entwickelungstufen des Organismus statt. Vom Ei an bis zur Desorganisation ist ihm dieser unterworfen; und wenn es auch Entwickelungszustände giebt, während welcher der Organismus keine Nahrung aufnimmt, so findet doch auch während solcher Stadien ein Stoffaustausch zwischen den einzelnen Teilen des Organismus statt, vorausgesetzt, dass dieser nicht normaler- oder abnormerweise einem vorübergehenden Starre- oder Ruhezustande unterworfen ist. Aber mit den physiologischen Processen, die den Stoffwechsel des Organismus ausmachen, gehen entwickelungsmechanische Hand in Hand. Die Form des Organismus erleidet im Laufe seiner Existenz eine bald schnellere, bald langsamere Umbildung, mit der es nicht die Physiologie, sondern die Entwickelungsmechanik zu thun hat. Diese hat z. B. die Entwickelung der Kiemen bei der Larve eines Molches zum Gegenstand, während es Aufgabe der Physiologie ist, die Thätigkeit dieser Organe zu untersuchen. Nun wissen wir aber in vielen Fällen nicht, wie Fort- und Rückbildung eines Organes mit seiner Thätigkeit zusammenhängen. Es ist also schwierig, den Gegen-

stand der Physiologie von dem der Entwickelungsmechanik und damit diese beiden Wissenschaften voneinander zu sondern.

Wir können begrifflich eine Unterscheidung von Physiologie und Entwickelungsmechanik dadurch treffen, dass wir der Physiologie die periodischen Vorgänge im Organismus zuweisen, während wir die Entwickelungsmechanik mit der Erforschung der Fortbildung des Organismus beauftragen, d. h. solcher Processe, die sich während seiner Existenz nicht wiederholen. Demgemäss können wir die Physiologie als die Wissenschaft von den periodischen Formenwandlungen des einzelnen Organismus, von den Veränderungen, die sich wiederholen, die eine vom Organismus durchlaufene Formenreihe bilden, in der dieselben Formen immer wiederkehren, wie die Ziffern in einem periodischen Decimalbruch, und die Entwickelungsmechanik als die Wissenschaft von denjenigen Formenwandlungen bezeichnen, welche die vom Organismus durchlaufene organische Formenreihe betreffen, deren einzelne Glieder alle voneinander verschieden sind.

Die hier auftauchende Frage, wie es denn möglich sei, bei einem Organismus gleichzeitig periodische und nichtperiodische Formenwandlungen zu unterscheiden, ist dahin zu beantworten, dass jedes einzelne Glied der nichtperiodischen Formenreihe sich aus Formen ein periodischen Reihe zusammensetzt. Ein Schema, das dieses Verhältnis veranschaulicht, würde etwa das folgende sein: $a_1\ a_2\ a_3,\ a_1\ a_2\ a_3,\ \ldots\ldots;\ b_1\ b_2\ b_3,\ b_1\ b_2\ b_3,\ \ldots\ldots;\ c_1\ c_2\ c_3,\ c_1\ c_2\ c_3,\ \ldots\ldots$ Aufgabe der Physiologie wäre es hier, die Processe zu verfolgen, die zur Umbildung von a_1, b_1, c_1 in a_2, bezw. in b_2 und c_2, von a_2, b_2, c_2 in a_3, bezw. in b_3 und c_3, endlich von a_3, b_3, c_3 wieder in a_1, bezw. in b_1 und c_1 führen, während die Entwickelungsmechanik die Umbildung der Periode $a_1\ a_2\ a_3,\ a_1\ a_2\ a_3,\ \ldots$ in die Periode $b_1\ b_2\ b_3,\ b_1\ b_2\ b_3,\ \ldots.$ und die Umformung dieser Periode in die Periode $c_1\ c_2\ c_3,\ c_1\ c_2\ c_3,\ \ldots.$ zum Gegenstande haben würde. Die Physiologie hätte es, um ein konkretes Beispiel anzuführen, mit den Umbildungen zu thun, die sich in einem roten Blutkörperchen eines Säugetieres während seines Weges vom Herzen zur Lunge, von dieser zurück zum Herzen, von da durch den Körper und wiederum zum Herzen zurück vollziehen. Diese Umbildungen, wie alle physiologischen Processe überhaupt, sind deshalb Formenwandlungen, weil es sich bei diesen ja nicht bloss um die äussere Form der Organismen und ihrer Teile handelt, in unserem Falle nicht bloss um die der roten Blutkörperchen, die allerdings keine sichtbaren periodischen Veränderungen erleidet, sondern auch um Veränderungen ihrer inneren Struktur, namentlich auch um chemische Processe, die gleich allen anderen im weiteren Sinne mechanischen Umwandlungen in letzter Linie auf Umbildungen der Struktur hinauslaufen. In einem sich auf seinem Kreislaufe durch den Körper verändernden roten Blutkörperchen eines Säugetieres haben

wir also ein Beispiel für periodische Formenwandlungen. Es bezieht aus der Luft, die von aussen in die Lunge gelangt, Sauerstoff, der mit gewissen chemischen Bestandteilen des roten Blutkörperchens eine Verbindung eingeht. Dieses scheidet gleichzeitig Kohlensäure aus, begiebt sich darauf über das Herz in den Körper zurück, um hier den aufgenommenen Sauerstoff wieder abzugeben und eine ebenso grosse Menge von Kohlensäure in sich anzusammeln, wie die in der Lunge ausgeschiedene. Mit dieser begiebt es sich über das Herz wieder zur Lunge. Im Gegensatz zur Physiologie würde dagegen die Entwickelungsmechanik die Aufgabe haben, die Entstehung der roten Blutkörperchen aus anderen Zellen und ihre Degeneration zu erforschen. Denn ein periodischer Formenwechsel zwischen roten Blutkörperchen und anderen Elementargebilden des Körpers findet nicht statt.

Nun ist aber auch diejenige Formwandlungsreihe des Individuums, mit deren Processen es die Entwickelungsmechanik zu thun hat, einer Wiederkehr unterworfen. Jedes Individuum durchläuft von seiner Zeugung bis zu seiner Desorganisation annähernd dieselbe Formenreihe, wie seine Vorfahren und seine Nachkommen. Ausser der Geschichte der individuellen Entwickelung, der Keimesgeschichte oder Ontogenie, giebt es also auch eine Geschichte der Stammesentwickelung, eine Stammesgeschichte oder Phylogenie, und ebenso, wie sich die Keimesgeschichte aus verschiedenen Perioden von Formenwandlungen zusammensetzt, wird auch die Stammesgeschichte durch verschiedene Perioden von Formenwandlungen dargestellt. Das Schema dafür würde unter Berücksichtigung der physiologischen Formenwandlungen das folgende sein: $a_1\ a_2\ a_3,\ a_1\ a_2\ a_3,\ \ldots;\ b_1\ b_2\ b_3,\ b_1\ b_2\ b_3,\ b_1\ b_2\ b_3\ \ldots;$ $c_1\ c_2\ c_3,\ c_1\ c_2\ c_3,\ \ldots;\ \ldots\ldots;\ z_1\ z_2\ z_3,\ z_1\ z_2\ z_3\ \ldots$ — $a_1\ a_2\ a_3,$ $a_1\ a_2\ a_3,\ \ldots;\ b_1\ b_2\ b_3,\ b_1\ b_2\ b_3,\ \ldots;\ c_1\ c_2\ c_3,\ c_1\ c_2\ c_3,\ \ldots;\ \ldots\ldots;$ $z_1\ z_2\ z_3,\ z_1\ z_2\ z_3,\ \ldots$ — $a_1\ a_2\ a_3,\ a_1\ a_2\ a_3,\ \ldots\ldots$ Aufgabe der Stammesgeschichte ist es also, die grösseren Perioden der genetisch zusammenhängenden Reihen von Organismenformen zu verfolgen. Jede einzelne Periode wird in einer solchen Reihe durch ein Individuum dargestellt; die vom Individuum durchlaufene Formenreihe ist Gegenstand der Keimesgeschichte; die einzelnen Perioden dagegen, aus welchen sich diese Formenreihe zusammensetzt, fallen der Physiologie zu.

Die Wissenschaft ist indessen zu der Überzeugung gelangt, dass im Laufe der Zeiten auch eine stammesgeschichtliche Umwandlung der Organismenformen stattfindet. Berücksichtigen wir dies, so ist das Gesamtschema für den organischen Formenbildungsprocess das folgende: $a_1\ a_2\ a_3,\ a_1\ a_2\ a_3,\ \ldots;\ b_1\ b_2\ b_3,\ b_1\ b_2\ b_3,\ \ldots;\ c_1\ c_2\ c_3,\ c_1\ c_2\ c_3,$ $\ldots;\ \ldots\ldots;\ z_1\ z_2\ z_3,\ z_1\ z_2\ z_3,\ \ldots;$ — $\mathfrak{a}_1\ \mathfrak{a}_2\ \mathfrak{a}_3,\ \mathfrak{a}_1\ \mathfrak{a}_2\ \mathfrak{a}_3,\ \ldots;$ $\mathfrak{b}_1\ \mathfrak{b}_2\ \mathfrak{b}_3,\ \mathfrak{b}_1\ \mathfrak{b}_2\ \mathfrak{b}_3,\ \ldots;\ \mathfrak{c}_1\ \mathfrak{c}_2\ \mathfrak{c}_3,\ \mathfrak{c}_1\ \mathfrak{c}_2.\mathfrak{c}_3,\ \ldots;\ \ldots;\ \mathfrak{z}_1\ \mathfrak{z}_2\ \mathfrak{z}_3,\ \mathfrak{z}_1\ \mathfrak{z}_2\ \mathfrak{z}_3,$

..... — $a_1\ a_2\ a_3$, $\alpha_1\ \alpha_2\ \alpha_3$, ...; $\beta_1\ \beta_2\ \beta_3$, $\beta_1\ \beta_2\ \beta_3$, ...; $\gamma_1\ \gamma_2\ \gamma_3$, $\gamma_1\ \gamma_2\ \gamma_3$, ...; ....; $\omega_1\ \omega_2\ \omega_3$, $\omega_1\ \omega_2\ \omega_3$, ...
Während die Keimesgeschichte die Umbildung der Perioden $a_1\ a_2\ a_3$, $\mathfrak{a}_1\ \mathfrak{a}_2\ \mathfrak{a}_3$ und $\alpha_1\ \alpha_2\ \alpha_3$ in $b_1\ b_2\ b_3$, bezw. in $\mathfrak{b}_1\ \mathfrak{b}_2\ \mathfrak{b}_3$ und $\beta_1\ \beta_2\ \beta_3$, und dieser Perioden in $c_1\ c_2\ c_3$, bezw. in $\mathfrak{c}_1\ \mathfrak{c}_2\ \mathfrak{c}_3$ und $\gamma_1\ \gamma_2\ \gamma_3$ sowie die ferneren Vorgänge, die zur Bildung der Perioden $z_1\ z_2\ z_3$, bezw. $\mathfrak{z}_1\ \mathfrak{z}_2\ \mathfrak{z}_3$ und $\omega_1\ \omega_2\ \omega_3$ führen, zum Gegenstand hat, bemüht sich die Stammesgeschichte um die Umbildung der periodischen Formenreihe $a_1\ a_2\ a_3$ bis $z_1\ z_2\ z_3$ in die periodische Formenreihe $\mathfrak{a}_1\ \mathfrak{a}_2\ \mathfrak{a}_3$ bis $\mathfrak{z}_1\ \mathfrak{z}_2\ \mathfrak{z}_3$, und um die Umbildung dieser Reihe in die Reihe $\alpha_1\ \alpha_2\ \alpha_3$ bis $\omega_1\ \omega_2\ \omega_3$ und deren fernere Wandlung. Wir können dieses Verhältnis auch dadurch ausdrücken, dass wir sagen, das Element der Stammesgeschichte ist der individuelle Organismus, Element der Keimesgeschichte ist jede der Formen, die von einem organischen Individuum im Laufe seiner Existenz durchlaufen werden, und das Element der Physiologie ist die periodisch wiederkehrende Formenmodifikation, die das Element der Keimesgeschichte erleidet.

Die hier getroffene Unterscheidung kann natürlich nur begrifflich eine scharfe sein. Denn in Wirklichkeit kommen, wie wir an unserm Schema klar sehen, keimesgeschichtliche Formenwandlungen nur durch Veränderungen derjenigen Processe, mit denen es die Physiologie zu thun hat, und stammesgeschichtliche Umbildungen nur durch Veränderung der keimesgeschichtlichen Formen zustande.

Mit der Gesamtheit der hier in Betracht kommenden Formenprocesse beschäftigt sich die Wissenschaft von den Organismen, die nichts anderes sein kann, als eine Wissenschaft von den organischen Formen und ihren Wandlungen, die Biologie.

Diese zerfällt naturgemäss in zwei Hauptdisciplinen, nämlich in eine, welche die Reihen der genetisch zusammenhängenden Formen behandelt, und in eine andere, welche die Gesetze erforscht, nach denen Einzelformen ent- und bestehen, sich umbilden und vergehen. Jene Wissenschaft wollen wir Biogenie nennen, diese Bionomie. Die Biogenie oder die Wissenschaft von der genetischen Aufeinanderfolge der Organismenformen würde rationellerweise in zwei Disciplinen einzuteilen sein, nämlich in die Perigenesis und in die Epigenesis der Organismenformen, von denen jene die periodischen, diese die nichtperiodischen Formenreihen zum Gegenstande haben würde. Die Bionomie, oder die Wissenschaft von den Gesetzen der organischen Formbildung, würde in die Statik oder die Lehre vom Gleichgewicht und in die Dynamik oder die Lehre von der Umwandlung der Organismenformen zerfallen.

Aus dieser Einteilung ersehen wir, dass eine rationelle Unterscheidung von Entwickelungsmechanik und Physiologie nicht möglich

ist. Dagegen lassen sich die beiden Disciplinen sehr wohl konventionell voneinander trennen, und diese Trennung hat deshalb gewisse Vorteile für sich, weil der Forschungsbetrieb eine Arbeitsteilung erfordert. Für praktische Zwecke könnten wir die Physiologie als die Wissenschaft von der Perigenesis innerhalb jeder Formenstufe des organischen Individuums bezeichnen. Sie hat den sogenannten Kreislauf der Stoffe im Organismus und die periodischen Umsetzungen der Energie im lebenden Tier- und Pflanzenkörper zum Gegenstand. Ihre specielle Aufgabe ist es, die Gesetze festzustellen, nach welchen die perigenetischen Formenwandlungen des organischen Individuums erfolgen. Dagegen erforscht die Entwickelungsmechanik die Gesetze, nach denen die Epigenesis des Einzelwesens und die Perigenesis und Epigenesis der genetischen Formenreihen vor sich gehen. Als eine dritte Disciplin der Organismenkunde unterscheiden wir dann zweckmässigerweise die Entwickelungsgeschichte, die nicht, wie die Entwickelungsmechanik, die Gesetze der Formenumwandlung feststellt, es also nicht mit deren einzelnen Processen, mit den Schritten von einer Form zur anderen zu thun hat, sondern den gesamten Verlauf einer Formenreihe verfolgt. Als Keimesgeschichte oder Ontogenie hat sie die vom organischen Individuum durchlaufene Formenreihe, als Stammesgeschichte oder Phylogenie die Abstammungsreihen zum Gegenstand. Die Entwickelungsmechanik ist also eine allgemeine, die Entwickelungsgeschichte dagegen eine specielle Wissenschaft. Die Kenntnis der Entwickelungsgeschichte ist aber eine notwendige Voraussetzung der Entwickelungsmechanik, denn nur die Kenntnis specieller Thatsachen ermöglicht die Gewinnung allgemeiner Gesetze. Aus diesem Grunde hat die Entwickelungsmechanik wenigstens insoweit auf die Entwickelungsgeschichte einzugehen, als es sich um die Erkenntnis der Normen handelt, nach welchen die Entwickelung der Organismen vor sich geht.

Alle im obigen aufgezählten Disciplinen würden zusammen die normale Biologie, die Wissenschaft von den normalen Organismenformen, bilden. Zu dieser würde sich als zweiter Hauptteil der Biologie nach dem hierbei in Betracht kommenden Einteilungsgrunde die pathologische Biologie, die Pathologie oder die Wissenschaft von den abnormen und kranken Organismenformen, gesellen. Auch sie würde in einen physiologischen, einen entwickelungsmechanischen und einen entwickelungsgeschichtlichen Teil zerfallen. Die physiologische Pathologie hätte es beispielsweise mit den periodischen Vorgängen im menschlichen Organismus zu thun, die etwa auf einen Herzfehler zurückzuführen sind. Die entwickelungsmechanische Pathologie, die auch als Ätiologie bezeichnet wird, beschäftigt sich mit den Gründen und Gesetzen abnormer Umbildungen des Organismus, z. B. mit denen, nach

welchen sich etwa die Veränderungen im Gehirn von Paralytikern vollziehen. Die entwickelungsgeschichtliche Pathologie endlich erforscht einerseits, nämlich in ihrem individualgeschichtlichen oder ontogenetischen Teile, die Reihe der von einem Individuum erlittenen pathologischen Umbildungen, wie sie z. B. bei vielen chronischen Krankheiten vorkommen, anderseits, und zwar in ihrem stammesgeschichtlichen oder phylogenetischen Teile, die Degeneration genetisch zusammenhängender Formenreihen, so z. B. die zunehmende Häufigkeit der Geisteskrankheiten bei den Nachkommen geisteskranker Vorfahren. Bezüglich der Entwickelungsmechanik können wir sagen, dass es die allgemeine Entwickelungsmechanik mit den einzelnen Umbildungen der Organismenformen, die normale mit den Fortbildungen, die pathologische mit Ver- und Missbildungen zu thun hat. In vielen Fällen weiss man aber nicht, ob eine Fort- oder eine Missbildung vorliegt, weshalb eine scharfe Trennung der normalen und pathologischen Entwickelungsmechanik zur Zeit noch nicht durchführbar ist. Es wird vielmehr Aufgabe der allgemeinen Entwickelungsmechanik sein, in jedem einzelnen Falle festzustellen, ob es sich um eine Fortbildung, eine Ver- oder eine Missbildung handelt.

Wir haben die Entwickelungsmechanik im Vorhergehenden in einen gewissen Gegensatz zur Physiologie gebracht. Gewöhnlich stellt man der Physiologie aber nicht die Entwickelungsmechanik gegenüber, sondern die Morphologie, indem man diese als Lehre von den Formen der Organismen von jener als der Lehre von den Funktionen ihrer Organe trennt. Allein die Einteilung der Biologie in Morphologie und Physiologie ist unhaltbar, weil es auch die Physiologie mit Formen zu thun hat. Die physiologischen Vorgänge sind nur deshalb so geartet, wie wir sie finden, weil sie sich an ganz bestimmten Formen vollziehen. In der That ist ein physiologischer Vorgang nichts weiter als eine Veränderung der Organismenform. Jeder Physiolog wird z. B. die Kontraktion eines Muskels als ein Objekt der physiologischen Forschung in Anspruch nehmen. Aber dabei handelt es sich doch um weiter nichts als um eine Veränderung der Form des Muskels, und zwar nicht bloss um die sinnfällige Veränderung seiner äusseren Gestalt, sondern auch um Veränderungen seiner feinsten Struktur, die zwar durch abermalige Veränderungen, nämlich bei der Ausdehnung des Muskels, wieder rückgängig gemacht werden können, aber deshalb nicht aufhören, Formenveränderungen zu sein.

Wir können die Biologie um so weniger in Morphologie und Physiologie einteilen, als sie lediglich eine Wissenschaft von den Formen ist, was nicht bloss für sie, sondern für jede mechanistische Wissenschaft überhaupt gilt. Wir haben ja erkannt, dass alles, was uns gegeben ist, in den Raum gebannt ist. Jede mechanistische Wissenschaft

hat es also mit räumlichen Dingen zu thun. Jede ist in letzter Linie Raum-, also Formenwissenschaft, Wissenschaft von der Verteilung des Seienden und Geschehenden im Raume und von der zeitlichen Veränderung der räumlichen Konstellationen. Und ebenso wie die Biologie hat es auch jede eigentliche Naturwissenschaft mit geschichtlichen oder genetischen Processen zu thun. Wir brauchen z. B. nur an die Astronomie zu erinnern, die nicht die Gesetze bloss, welche die Bewegungen der Sterne beherrschen, sondern auch die geschichtlichen Veränderungen der Konstellation der Gestirne erforscht, ferner an die Geologie, die gleich der Biologie in eine Wissenschaft von den Gesetzen des geologischen Geschehens und in eine Geschichte der Erde zerfällt. Ja selbst die Chemie ist in gewisser Beziehung eine genetische Wissenschaft. Denn wie ein Molekül, das aus vielen hunderten von Atomen besteht, zustande kommt, können wir nur verstehen, wenn wir die Reihe der chemischen Processe verfolgen, die zur schliesslichen Bildung dieses Moleküls führen.

Wir haben diese Untersuchungen angestellt, um uns Klarheit über die Aufgabe der Entwickelungsmechanik zu verschaffen. Zusammenfassend können wir sagen: Die Entwickelungsmechanik ist die Wissenschaft von der Physik und Chemie oder von der Mechanik im weiteren Sinne, von der physikalischen und chemischen Statik und Dynamik der Organismenformen, soweit es sich um fortschreitende und nicht um periodische Umbildungen der Individuen und Stämme handelt.

Unsere Wissenschaft steht gegenwärtig noch auf einer sehr tiefen Entwickelungsstufe. Von einer wirklichen Anwendung der Mathematik auf die Entwickelungsmechanik, von einer mathematischen Formulierung ihrer Resultate, kann noch kaum irgendwo die Rede sein. Vielmehr müssen wir uns damit begnügen, diejenigen Punkte aufzuweisen, wo dereinst ein tieferes Eindringen der mechanistischen Forschung in das Geschehen, das der Umbildung der Organismenformen zu Grunde liegt, einzusetzen hat. Die entwickelungsmechanischen Gesetze, die wir zur Zeit aufstellen können, sind zum grossen Teil blosse Erfahrungsgesetze, weil wir die Notwendigkeit der organischen Umbildungen heute meistens noch nicht einsehen. Immerhin ist die Entwickelungsmechanik schon so weit vorgeschritten, dass es jedem Biologen, jedem Botaniker und Zoologen, jedem Pathologen, sowie allen, die sich theoretisch oder praktisch mit irgend einem Zweige der Biologie beschäftigen, ferner auch denjenigen, für welche die Biologie nur eine Hilfswissenschaft ist, endlich jedem, der auf den Namen eines gebildeten Naturforschers oder Philosophen Anspruch macht, geboten ist, sich einen Einblick in den gegenwärtigen Zustand und die Bestrebungen der entwickelungsmechanischen Forschung zu verschaffen.

Der Name Entwickelungsmechanik ist von Wilhelm Roux in die Wissenschaft eingeführt worden. Sie gewinnt ihre Resultate vielfach auf dem Wege des Experimentes, das indessen nicht ausreicht, alle entwickelungsmechanischen Fragen zu lösen. Zu der Beobachtung der von Menschen angestellten Experimente muss diejenige der grossartigen Experimente der Natur und die Erforschung der Resultate dieser Experimente kommen. Während das Experiment schon lange eine Rolle in der Physiologie der Tiere und in der Botanik spielt, hat es in der tierischen Entwickelungsgeschichte erst in den letzten Jahren infolge der von Roux ausgegangenen Anregung eine grössere Ausdehnung erlangt. Indessen hat u. a. schon Haeckel gelegentlich seiner Bearbeitung der „Metagenese und Hypogenese von Aurelia aurita" (Jena 1881) entwickelungsmechanische Experimente gefordert. Bezüglich der von ihm beobachteten Thatsachen sagt er etwa folgendes: Die Ursachen der merkwürdigen Abkürzungen des normalen Entwickelungsganges von Aurelia seien zur Zeit noch völlig unbekannt, ebenso wie die Ursachen der meisten seiner Variationen und Modifikationen. Indessen verdiene doch der Umstand Beachtung, dass sich im Winter 1880/81 im Aquarium des zoologischen Instituts zu Jena die aus Kiel gesandte Aurelienbrut in überwiegender Mehrzahl zu einer einfachen ungegliederten Strobila an Stelle der gewöhnlichen vielgliedrigen entwickelt habe. Ganz dasselbe habe Schneider im Winter 1870 in Giessen als allgemeine Regel bei seiner ebenfalls aus Kiel stammenden Aurelienbrut beobachtet. „Sollten die heftigen und anhaltenden Erschütterungen des längeren Eisenbahntransportes oder die veränderten Existenzbedingungen des kleinen binnenländischen Aquariums Ursachen dieser Veränderung sein? Unmöglich scheint mir dies nicht; denn die Zoologen, welche an den Meeresküsten wohnen und ihre Aurelienbrut unmittelbar aus dem Meere in ihre Aquarien bringen, klagen in der Regel umgekehrt darüber, dass die Scyphostomen sich lange Zeit nur ungeschlechtlich als Polypen fortpflanzen und erst spät (oder auch gar nicht) Medusen producieren. Hier bietet sich nun den begünstigten, an der Meeresküste wohnenden Zoologen, welche jederzeit Medusenbrut in Menge haben und sie unter verschiedenen Existenzbedingungen erziehen können, ein reiches und ergiebiges Feld für Experimentalontogenie. Wie wirkt verschiedene Qualität und Quantität der Nahrung, des Wassers, der Bewegung auf die Entwickelung der Medusenbrut ein? Wie wirkt die verschiedene Temperatur und Luftzufuhr? Dass durch sehr einfache und geringfügige Veränderungen dieser Art die Entwickelung des Hühnchens im bebrüteten Ei oft in unverhältnismässig hohem Grade alteriert wird, und dass viele Missbildungen des Hühnchens sich dadurch künstlich hervorrufen lassen, ist durch die Experimente von Dareste und anderen längst bekannt. Um wie viel mehr wird die Entwickelung so zarter, weicher und verletzbarer Tiere, wie die Medusen sind, durch derartige Veränderungen der ontogenetischen Bedingungen beeinflusst werden! Ich halte es für sehr möglich, dass in nicht ferner Zeit die experimentierenden Zöologen im stande sein werden, die Aurelienbrut nach ihrem Belieben entweder direkt aus den befruchteten Eiern zu ziehen, durch Hypogenesis, oder indirekt aus Scyphostomapolypen, durch Metagenesis." Die zoologische Experimentalontogenie, die Haeckel hiermit, und selbstverständlich nicht bloss für Aurelia, forderte, hat sich seitdem zu einem lebenskräftigen Zweig der Wissenschaft, dem neben anderen entwickelungsmechanischen Forschungen auf dem Gebiete der Zoologie die Zukunft gehört und heute schon eine leitende Rolle gebührt, entwickelt.

In der Botanik gehört ein grosser Teil der weit ausgebildeten sogenannten Pflanzenphysiologie eigentlich in das Gebiet der Entwickelungsmechanik. Leider bestehen über die Ausdehnung dieses Gebietes und über das Verhältnis der Entwickelungsmechanik zur Physiologie grosse Meinungsverschiedenheiten unter den

Biologen. Auch fehlt es nicht an zünftlerischen Überhebungen. Es giebt Physiologen, die auf die „Morphologie“ von oben herabblicken, weil diese die Erforschung der Ursachen der Formenbildung, die übrigens von manchen Physiologen als in das Gebiet ihrer Zunft fallend betrachtet werden, vernachlässige. Dagegen giebt es auch Morphologen, die der Physiologie den Vorwurf machen, sie sei wegen Unterlassung vergleichender Forschungen weit hinter der Morphologie zurückgeblieben. Zur Beseitigung dieser unerfreulichen Erscheinungen wird die Entwickelungsmechanik vieles beitragen können.

Dass auch die Physiologie es lediglich mit Formen zu thun hat, wurde schon 1886 in dem im „Biologischen Centralblatt“ publicierten Aufsatz über „Biologie, Gesamtwissenschaft und Geographie“ hervorgehoben. Dort wurde betont, „dass die Funktionen der Organe durchaus an ihre Form gebunden sind, und dass eine Entwickelungsgeschichte der Formen notwendigerweise die zeitliche Reihenfolge der Funktionen ergiebt. Die Funktionen können nicht unabhängig von den Formen bestehen; kein Muskel kann sich zusammenziehen, kein Auge kann Licht, kein Ohr Schall empfinden, wenn ihre Struktur nicht eine ganz bestimmte ist; eine Änderung der Funktion eines Organes ist in allen Fällen durch die Änderung seiner Form bedingt.“ Weiterhin wurde in dem citierten Aufsatz gewünscht, dass die bisherige Einteilung der Biologie in Morphologie und Physiologie aufgegeben werde, soweit wenigstens die biologische Theorie in Frage kommt. Neuerdings hat Driesch in seiner kritischen Studie über „Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft“ (Leipzig 1893) die Physiologie „als Appendix der Morphologie erkannt. Ihre eigenartige Methode,“ sagt er, „ist darin begründet, dass die morphologische Basis der physiologischen Vorgänge meist unbekannt ist und das Streben des Forschers eben darauf ausgeht, deren Charakter indirekt, durch Schlüsse zu ermitteln, um dann die Funktion (also etwa die Nervenleitung) verständlich zu machen, d. h. bei gegebener Struktur und gegebenen physikalischen Agentien als notwendig darzuthun.“ Der Gegenstand der Physiologie ist nach Driesch „Mechanismus auf Basis von Struktur“. „Dieser Entscheid erscheint principiell unanfechtbar: es ist, wenn wir stoffliche Differenzen in den Strukturbegriff einschliessen, für jede denkbare geforderte specifische Leistung bei gegebenen physikalischen Kräften eine ‚Struktur‘, eine Maschine zu ersinnen.“

Dem Verhältnis der Entwickelungsmechanik zur Physiologie und der Einteilung der Biologie ist auch in dem Werke „Die Schöpfung des Menschen und seiner Ideale“ (Jena 1895) eine längere Anmerkung, die gegen Roux' Abgrenzung der Physiologie und Entwickelungsmechanik in der „Einleitung“ zum „Archiv für Entwickelungsmechanik“ (Bd. I., Leipzig 1894) polemisiert, gewidmet. In dieser Anmerkung ist auch darauf hingewiesen worden, dass die Bezeichnung „Bionomie“ in der oben gegebenen Bedeutung die Priorität vor ihrer durch Walther („Bionomie des Meeres“, Jena 1893) versuchten Anwendung auf den Haushalt der Organismen hat. Die Disciplin, die sich mit diesem beschäftigt, wird vielfach Biologie genannt. Man hat sich indessen gewöhnt, unter Biologie die Gesamtwissenschaft von den Organismen zu verstehen.

Die Bezeichungen Stammesgeschichte oder Phylogenie und Keimesgeschichte oder Ontogenie stammen aus Haeckels Werk „Generelle Morphologie der Organismen“ (Berlin 1866) und sind vollständig eingebürgert. Da die Keimesgeschichte die Geschichte des Individuums von dessen Entstehung bis zu seiner Vernichtung behandelt, ist ihre griechische Bezeichnung besser als die deutsche. Auch das Wort Perigenesis stammt von Haeckel, der darunter eine hypothetische „Wellenzeugung“, eine periodische Wellenbewegung der organischen Moleküle verstand („Die Perigenesis der Plastidule“, Berlin 1876). Wir dürfen es in dem oben angegebenen Sinne verwenden. Epigenesis, ein altes Wort, bedeutet gewöhnlich die keimesgeschichtliche Neubildung der Formen, kann aber auch auf die Stammesgeschichte Anwendung finden.

Zweites Hauptstück.

Vom Organismensystem.

1. Systematik und Entwickelungsmechanik.

Alle auf das specielle Weltgetriebe angewandte Mechanik kommt darauf hinaus, jedem Sein und Geschehen seinen Platz in Raum und Zeit anzuweisen. Dieses ist die einzige Aufgabe der speciellen Mechanik. Anderes kann sie überhaupt nicht wollen. Denn Mechanik ist Wissenschaft von den schliesslich mathematisch formulierbaren Gesetzen des Seins bezw. Geschehens. Die aber sind räumlich-zeitlicher Natur. Die specielle Mechanik ist also im Grunde genommen nichts weiter als die Wissenschaft von der Einreihung jeglichen Seins oder Geschehens in das räumlich-zeitliche System der Natur, also Systematik im weitesten Sinne.

Eine alles umfassende Weltmechanik hätte das Weltall als einen einzigen Bewegungskomplex und jedes Sein oder Geschehen als zeitlich-örtliche Funktion dieses Komplexes zu betrachten; denn der ist so konstruiert, dass an bestimmtem Ort zu bestimmter Zeit nur Bestimmtes geschehen konnte, kann und können wird. Da aber gleich charakterisiertes Sein und Geschehen zu verschiedenen Zeiten und an getrennten Orten vorkommt, so müssen wir von dem Gesamtkomplex der Welt, den wir vor der Hand doch noch nicht zu überblicken vermögen, zunächst absehen, und gleiches oder ähnliches Sein oder Geschehen zusammen mit seiner räumlich-zeitlichen Umgebung in ein System bringen, worin das Sein oder Geschehen nach Maassgabe seiner grösseren oder geringeren durch Vergleichung festzustellenden Ähnlichkeit mit anderem Sein oder Geschehen und der grösseren oder geringeren gleichfalls durch Vergleichung festzustellenden Ähnlichkeit seiner zeitlich-örtlichen Umgebung mit der jenes anderen Seins oder Geschehens angeordnet wird. Wenn wir die einzelnen Glieder dieses Systems, repräsentiert durch je ein Sein oder Geschehen nebst seiner zeitlich-örtlichen Umgebung, untereinander vergleichen, so können wir den

Daseins- bezw. Geschehensgrund jedes Seins oder Geschehens ermitteln. Für gleiches Sein oder Geschehen in verschiedenen, nur teilweise gleichen Umgebungen ergiebt sich der Daseins- bezw. Geschehensgrund, wenn wir das, was diesen Umgebungen ungleich ist, fortdenken. Durch Vergleichung werden wir weiterhin feststellen, dass verschiedenem Sein oder Geschehen auch verschiedene Daseins- bezw. Geschehensgründe entsprechen. Durch allseitige Vergleichung lernen wir so die Normen alles Seins und Geschehens, die Naturgesetze, kennen.

Alle Erforschung der gegebenen Mechanismen überhaupt beruht also auf Vergleichung. Das gilt insbesondere auch für die Entwickelungsmechanik. Diese hat die Organismenformen und ihre Entwickelungsstadien nebst deren Umgebungen miteinander zu vergleichen. Es liegt also auf der Hand, dass eine rationelle Systematik der Organismenformen von allergrösster Wichtigkeit für die Entwickelungsmechanik ist. Unsere Wissenschaft ist sogar, dem Obigen gemäss, nichts weiter als Systematik, vorausgesetzt, dass sie auch das zeitliche und örtliche Auftreten der Formen und damit ihren Entstehungsgrund berücksichtigt. Denn dadurch lernen wir die Gesetze der Formbildung kennen. Die Entwickelungsmechanik muss also mit der Systematik der Organismenformen beginnen.

Das Vorstehende erinnert uns daran, das dem Astronomen Laplace eine „Weltformel" vorschwebte, ein System simultaner Differenzialgleichungen, wonach sich, hätten wir die Begabung des umfassenden Geistes, von dem Laplace spricht, Vergangenheit und Zukunft bis ins einzelne genau berechnen lassen würde. Die dem „Laplaceschen Geiste" möglichen Leistungen hat Emil du Bois-Reymond in seinem 1872 in Leipzig gehaltenen Vortrag „Über die Grenzen des Naturerkennens" geschildert. Aus der „Weltformel" würde für jeden Organismus ein besonderes System von Gleichungen herzuleiten sein, und eine systematische Zusammenstellung aller möglichen Systeme von Gleichungen für die Organismen würde gleichbedeutend mit einer vollendeten Entwickelungsmechanik sein, wie sie uns, obwohl unerreichbar, stets als Ideal vorschweben muss.

Die Forderung, dass die Entwickelungsmechanik mit der Systematik zu beginnen habe, kann nur den frappieren, der die geistlose Formenbeschreiberei mancher sogenannter Systematiker, die übrigens in der ebenso geistlosen Formenbeschreiberei mancher Anatomen und Histologen ein Gegenstück besitzt, mit wissenschaftlicher Systematik verwechselt. Die Entwickelungsmechanik hat es mit Formen zu thun; wollte sie nicht damit beginnen, diese in ein System zu bringen, so würde sie sich die Lösung ihrer Aufgabe wesentlich erschweren.

2. Rationelle Systematik.

Das Ziel der Systematik der Organismenformen, wie das jeder Systematik überhaupt, ist die Aufstellung eines rationellen Systems, d. h. eines Systems, das uns von der Notwendigkeit überzeugt, dass die Formen, die es umfasst, ihm auch wirklich angehören. Ein Beispiel für ein solches System ist das der Kegelschnitte. Darüber, dass

dieses System uns wirkliche Einsicht gewährt, wollen wir uns an der Hand neuerdings angestellter Betrachtungen belehren.

Die allgemeine Kegelschnittsgleichung ist die allgemeine Gleichung zweiten Grades, nämlich $ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0$, aus der durch Verbindung mit anderen mathematischen Sätzen die Eigenschaften der Kegelschnitte folgen. Indem wir mit dieser Formel gewisse Operationen vornehmen, erhalten wir die Gleichungen für die verschiedenen Arten der Kegelschnitte, für den Kreis, die Ellipse, die Parabel, die Hyperbel, die gerade Linie und den Punkt, und die Ableitung der verschiedenen Arten der Kegelschnitte sehen wir Schritt für Schritt als möglich ein. Denn die Unterschiede der Art vom Genus sind hier quantitative und werden mathematisch vermittelt.

Eine Systematik gewährt nur dann wirkliche Einsicht, wenn der Weg, auf dem die Arten aus dem Genus hervorgehen, rationell durchsichtig ist. Und da eine rationelle Systematik mit Notwendigkeit an mathematische Behandlung geknüpft ist, so ist sie nur da möglich, wo der oberste Thatsachenausdruck eines Gebietes ein mathematischer Satz, ein Ausdruck einer Beziehung von Veränderungen ist. Rationelle Systematik würde darin zu bestehen haben, dass sie über die Beziehungsarten etwas aussagt, nämlich darüber, ob es deren eine unbegrenzte ungesetzliche, oder eine begrenzte gesetzliche, oder aber eine beschränkte Anzahl gäbe. Wenn z. B. die Chemie über das Wesen der chemischen Energie mehr als gegenwärtig wüsste, so könnte sie auf Grund einer guten Atomhypothese auch wohl dazu gelangen, die Atome der chemischen Elemente als Komplexe von Atomen eines Urstoffes darzustellen; und da die Anzahl der Uratome in einem Elementatom nur eine ganze Zahl betragen könnte, so hätten wir hier ein Beispiel für ein gesetzliches aber unbeschränktes System vor uns, sofern, was wahrscheinlicher ist, sich nicht zeigen liesse, dass nur eine beschränkte Anzahl von Uratomkomplexen möglich ist. Ein solches beschränktes System lässt sich aus der Elastizitätstheorie bezüglich der Krystalle ableiten, bei denen die theoretisch möglichen Formen mit den thatsächlich vorkommenden Symmetrieverhältnissen zusammenfallen.

Man darf aber in den Anforderungen an die Systematik nicht zu weit gehen und z. B. nicht verlangen, dass sie uns die qualitativen Eigenschaften eines Stoffes als notwendige Begleiterinnen seiner atomistischen Zusammensetzung darthun soll. Eine solche Forderung würde ja die Frage einschliessen, warum etwa einer bestimmten Form der Bewegung eine bestimmte Farbe entspricht, und wir haben gesehen, dass diese Frage unbeantwortbar ist. Berechtigt ist dagegen die Frage, warum ein Stoff etwa eine bestimmte Lichtbewegung in bestimmter

Weise modificiert. Denn bei dieser Frage handelt es sich nur um Räumlich-Zeitliches. Eine Schüssel mit unregelmässiger Innenfläche wird eine diese Fläche treffende Wasserwelle in anderer Weise modificieren, als eine Schüssel mit glatter Innenfläche. Und da, wie wir erkannt haben, alles Qualitative bestimmte Anordnungen und Gestaltungen begleitet, da jeder Art des Qualitativen ein bestimmt geformter Komplex von Elementarmechanismen, der sich in Ruhe oder in Bewegung befinden kann, entspricht, so ist auch principiell die Möglichkeit gegeben, für alle Eigenschaften eines Stoffes die zugehörigen molekularmechanischen Vorgänge zu finden. So wird es dereinst vielleicht möglich sein, alle Kenntnisse von qualitativen Dingen, die sich an das periodische System der chemischen Elemente knüpfen, als Begleiterinnen von molekularmechanischen Vorgängen aufzufassen, die man als notwendig an das Atomgewicht, d. h. an den Aufbau der Elementarstoffe, gebunden erkannt hat. Man wird z. B. vielleicht nicht bloss erkennen, dass mit der chemischen Struktur, die der Formel der primären Alkohole, $C_n H_{2n+1} OH$, entspricht, ein bestimmter Komplex physikalischer und chemischer Eigenschaften, d. h. eine bestimmte Summe von Möglichkeiten, in das molekularmechanische Getriebe der Natur einzugreifen, gegeben ist, sondern es wird sich auch wohl klar machen lassen, warum in unserem Falle die Unterschiede zwischen den Eigenschaften der verschiedenen Alkohole, die nach der genannten Formel zusammengesetzt sind, notwendigerweise mit der verschiedenen Grösse des n zusammenhängen. In der Formel $C_n H_{2n+1} OH$ sind also nicht, wie man behauptet hat, zwei Dinge enthalten, nämlich erstens die Thatsache, dass die Körpergruppe der primären Alkohole einen bestimmten Komplex von Eigenschaften aufweist, und zweitens eine „Regel“, die sich auf die Verschiedenheiten der Alkohole, z. B. auf die verschiedene Höhe ihres Siedepunktes, bezieht. Es handelt sich bei dieser angeblichen Regel, dass die Verschiedenheit der Eigenschaften der Alkohole mit den Werten des n zusammenhängt, nur auf dem gegenwärtigen niedrigen Stande unserer bezüglichen Kenntnisse um eine von der Kenntnis der Formel unabhängige Erfahrung; hätten wir dagegen eine vollkommene Einsicht in das molekularmechanische Getriebe der Natur, so würden wir erkennen, dass es sich bei unserer „Regel“ nicht um ein neues empirisches Datum handelt, dass dabei überhaupt nicht von einer „Regel“ — diesen Ausdruck gebraucht man ja bei mangelnder Einsicht in den notwendigen Zusammenhang erfahrungsmässigen Zusammenvorkommens bestimmter Erscheinungen — die Rede sein kann, sondern dass uns mit der Kenntnis der molekularen Zusammensetzung eines Stoffes, der Gruppierung der Atome in dem Molekül dieses Stoffes, um uns gangbarer Anschauungen der Chemiker zu bedienen, auch zugleich die Einsicht gegeben ist, dass dieser Stoff notwendiger-

weise die Eigenschaften, die wir thatsächlich an ihm finden, haben muss. Aber, wohlgemerkt, die „Eigenschaften“ eines Stoffes können für den auf dem Boden der mechanistischen Weltanschauung Stehenden nur die verschiedenen Arten sein, auf welche der betreffende Stoff das molekularmechanische Getriebe der Natur zu beeinflussen vermag. Warum dagegen den verschiedenen Arten der Bewegung verschiedene Farben, Düfte und andere qualitative Eigenschaften entsprechen, ist eine unbeantwortbare Frage, die uns übrigens auch gar nichts angeht. Aus der Verwechselung dieser unbeantwortbaren Frage mit der wenigstens im Princip lösbaren, warum ein bestimmter Stoff das molekularmechanische Getriebe der Natur in bestimmter Weise beeinflusst, ist der Irrtum hervorgegangen, dass die chemische Systematik, die wir nunmehr als eine im Princip rationeller Behandlung fähige erkannt haben, gegenüber der physikalischen Gesetzesdeduktion minderwertig sei. Diesem Irrtum kann aber nicht verfallen, wer sich auf den Boden der mechanistischen Naturbetrachtung stellt. Von diesem Boden aus wird es dereinst vielleicht auch möglich sein, aus den molekularmechanischen Eigenschaften zweier oder mehrerer Elemente auf die molekularmechanischen Eigenschaften ihrer Verbindungen Schlüsse zu ziehen, das periodische System der Elemente rationell zu begründen und aus der Kenntnis eines Stoffes strenge Aussagen über andere Stoffe zu machen. Principiell möglich ist es auf Grund einer richtigen Elementarmechanik auch, ein System aller möglichen chemischen Elemente und Verbindungen aufzustellen, oder, falls deren Anzahl unbeschränkt ist, zu zeigen, dass sie es sein muss, und dass die Stoffe entweder eine einzige periodische oder nichtperiodische Reihe, oder eine beschränkte oder unbeschränkte Anzahl solcher Reihen bilden müssen.

Wir haben die obigen Erörterungen angestellt, weil wir die Frage zu beantworten hatten, ob sich überhaupt rationelle Systeme natürlicher Dinge aufstellen lassen. Auf Grund unserer Erörterungen, die am Beispiel der chemischen Systematik besonders leicht zu einem bestimmten Ergebnis führen mussten, haben wir diese Frage zu bejahen. Daraus ergiebt sich, dass auch eine rationelle Systematik der Tier- und Pflanzenformen im Princip möglich ist. Wenn also gesagt worden ist, während wir wüssten, dass das, was die chemischen Stoffe und Stoffgruppen in erster Linie kennzeichne, immer dieselbe Eigenschaftskategorie sei, und zwar die, die mit Fug und Recht als wesentlich angesehen werden könne, nämlich ihre Zusammensetzung, könnten wir nicht angeben, was das Wesentliche an einer Organismenform sei, so ist darauf zu erwidern, dass das Wesentliche bei einer Tier- oder Pflanzenform ebenso wie bei einer Molekülform in der Art und Weise besteht, wie sie aus untergeordneten Formelementen aufgebaut ist. Die Systematik der Organismenformen hat, weil auch bei ihr die Anzahl

und Form der konstituierenden Formeinheiten höherer und niederer Ordnung in Betracht kommt, die grösste Ähnlichkeit mit der chemischen Systematik. In der That ist der Oganismus schon als ein riesiges chemisches Molekül bezeichnet worden. Die Systematik der Tier- und Pflanzenformen steht deshalb principiell auf derselben Stufe wie die chemische, nur dass es sich bei ihr um kompliciertere Gebilde handelt, als bei der chemischen Systematik. Der Organismus ist ein mehr oder minder stabiler Komplex untergeordneter und sich bezüglich ihrer Zusammensetzung in bestimmter Weise abstufender Formeinheiten, ganz ebenso, wie das chemische Molekül als ein mehr oder minder stabiler Komplex von ihrerseits wieder zusammengesetzten Atomen angesehen wird. Und wenn wir, wie es vielfach möglich ist, für die chemischen Moleküle Reihen aufstellen können, wenn wir ferner hoffen dürfen, dermaleinst den Nachweis führen zu können, dass ein Molekül mit einer bestimmten Anordnung der in Form von Elementarmechanismen zu denkenden Atome notwendigerweise in eine bestimmte Reihe hineingehört, so dürfen wir erwarten, dass ein entsprechender Nachweis auch für die Organismenformen zu erbringen sein wird. Principiell wenigstens wird es auf einer entsprechend hohen Stufe der Entwickelungsmechanik nicht nur möglich sein, zu sagen, dass ein bestimmter Organismus notwendigerweise in eine bestimmte Reihe von Organismen hineingehört und hier einen bestimmten Platz ausfüllt, sondern auch angehen, die Existenz gerade dieses Organismus mit diesen bestimmten Eigenschaften als notwendig einzusehen.

Vor der Hand sind wir freilich noch weit davon entfernt, ein rationelles System der Organismen aufstellen zu können, und unsere zur Zeit übliche Systematik hat auch nicht einmal das schon jetzt Mögliche geleistet. Das werden wir erkennen, wenn wir die verschiedenen Arten der Systematik zum Gegenstande unserer Betrachtungen machen, was in den folgenden Abschnitten geschehen wird.

Die Erörterungen des vorstehenden Abschnittes knüpfen direkt an Betrachtungen an, die Driesch in seiner Schrift über „Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft“ (Leipzig 1893) angestellt hat, und geben diese Betrachtungen zum grossen Teil mit den eigenen Worten des Verfassers wieder. Die Polemik ist ebenfalls gegen einen Teil der a. a. O. entwickelten Anschauungen von Driesch gerichtet, die schon früher in dem Aufsatze „Über die Formenphilosophie von Hans Driesch und das Wesen des Organismus“ (Biol. Centralbl. Bd. XIV. Nr. 17 u. 18. 1894) bekämpft wurden. Sie ist dazu bestimmt, über das Ziel einer rationellen wissenschaftlichen Systematik aufzuklären.

3. Systematik nach Äusserlichkeiten.

Die Systematik der Organismen nach ihrer äusseren Formähnlichkeit, die sich nicht um deren inneren Bau kümmert, könnte man als naive oder populäre Systematik bezeichnen. Sie ist die von dem

Volke und häufig auch von den gebildeten Nichtfachleuten geübte. Indessen hat sie auch in wissenschaftliche Werke Eingang gefunden, weshalb wir sie berücksichtigen müssen.

Als hervorragendes, einer älteren Zeit entstammendes Beispiel für die populäre Systematik können wir die Einordnung der Wale in die Reihe der Fische anführen. Dieses Beispiel hat auch aus dem Grunde Bedeutung für uns, weil wir im Anschluss daran zeigen können, dass die populäre Systematik bis in die neueste Zeit hinein eine Rolle in der Wissenschaft spielt. Die Wale (Cetacea) stellte man nämlich noch in neuerer Zeit, zusammen mit den Flossenfüssern oder Robben (Pinnipedia), zu denen die Seehunde (Phocidae), die Wallrosse (Trichechidae) und die Ohrenrobben (Otariidae) gehören, und den Seekühen (Halicoridae), in die Abteilung der Wassersäugetiere, und diese Abteilung hielt man für eine natürliche. Erstens hat sich aber herausgestellt, dass die Flossenfüsser nichts mit den Walen zu thun haben und viel mehr Beziehungen zu den Raubtieren als zu den Walen zeigen. Man hat ferner gefunden, dass die früher mit den Walen vereinigten Seekühe weit von den Walen verschieden sind und vielleicht Beziehungen zu den Huftieren haben. Ja, in neuerer Zeit hat man gefunden, dass die Wale in zwei Hauptabteilungen zerfallen, die wahrscheinlich keine nähere Verwandtschaft untereinander haben, nämlich in die beiden Abteilungen der Bartenwale oder Mysticeten und der Zahnwale oder Denticeten.

Während z. B. die Systematik der Säugetiere neuerdings nach der Richtung des wirklichen Sachverhalts hin sehr gefördert worden ist, steht die der Vögel heute noch auf einem Übergangsstadium, insofern als sich die Erkenntnis, dass die bisher unterschiedenen grösseren Vogelgruppen in ganz anderer Weise anzuordnen sind, nur langsam Bahn bricht. Die auch heute noch fast allgemein geübte Systematik der Vögel liefert eine Reihe von lehrreichen Beispielen dafür, dass auch die Fachleute bis zu einem beträchtlichen Grade einer oberflächlichen populären Systematik gefolgt sind. So hat man früher die afrikanischen Strausse (Struthionidae), die amerikanischen Nandus (Rheidae) die australischen Emus (Dromaeidae) und die ihnen verwanden Kasuare (Casuariidae) von Neuguinea nebst Umgebung, ferner die ausgestorbenen Moas (Dinornithidae) von Neuseeland und die Kiwis (Apterygidae) des letztgenannten Gebietes zu der Abteilung der Ratiten oder straussartigen Vögel vereinigt, weil sie gleich den afrikanischen Straussen mit mehr oder minder stark verkümmerten Flügeln und einem kiellosen Brustbein versehen und flugunfähig sind. Man hat sich hierbei von der äusseren Formenähnlichkeit der genannten Vögel leiten lassen, die, wie etwa der Besuch eines zoologischen Gartens oder Museums oder eine Vergleichung von Abbildungen dieser Tiere lehren würde, in der That eine weitgehende ist. Aber durch

eingehende anatomische Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass wohl Emus und Kasuare einer- und die ausgestorbenen Moas und die Kiwis Neuseelands anderseits in dem gegenwärtig möglichen Vogelsystem nahe beieinander angeordnet werden müssen, dass aber zwischen den Ratiten Neuseelands und denen Australiens und Neuguineas keine Beziehungen bestehen, ebenso wenig wie zwischen einer dieser Vogelgruppen und den übrigen Ratiten oder den letzteren untereinander. Dagegen hat man erkannt, dass die Kiwis und Moas nähere Beziehungen zu den Hühnervögeln als zu irgend einer anderen Vogelgruppe zeigen. Die früher für eine natürliche Vogelgruppe gehaltene Abteilung der Ratiten ist also in ihre einzelnen Untergruppen aufgelöst worden. Dasselbe ist mit der Abteilung der Raubvögel geschehen. Aus ihr sind die Eulen entfernt worden, und man vereinigt heute die von diesen gebildete Abteilung der Nachtraubvögel (Striges) mit den Schwalmvögeln (Caprimulgi) und Rakenartigen (Coraciae) zu der Gruppe der Rakenvögel (Coraciiformes), während man diese drei Abteilungen des Vogelsystems früher weit voneinander getrennt hat. Die übrigen Angehörigen der alten Abteilung der Raubvögel, nämlich die Falkenvögel (Falconidae), die Kranichgeier (Serpentariidae) und die Neuweltsgeier (Sarcorhamphidae), bilden zwar eine natürliche Abteilung; mit dieser werden aber jetzt die früher weit von ihnen getrennten Schreitvögel (Pelargoherodii), zu denen die Reiher (Ardeidae), Störche (Ciconiidae), Schuhschnäbel (Balaenicipidae), Schattenvögel (Scopidae) und Ibisse (Ibidae) gehören, die Flamingos (Phoenicopteri) und die Ruderfüsser (Steganopodes) zu der Gruppe der neuerdings so genannten Würgvögel (Ciconiiformes) vereinigt. Unter diesen hat man früher, um noch ein weiteres Beispiel anzuführen, die langbeinigen Flamingos, Ibisse, Störche, Schattenvögel, Reiher und Schuhschnäbel mit den ebenfalls langbeinigen Kranichen (Gruidae) und anderen langbeinigen Vögeln in die Abteilung der Stelzvögel gestellt, die auf weiter nichts gegründet ist, als auf äussere oberflächliche Formenähnlichkeit. Das letztere gilt auch von der gleichfalls unhaltbar gewordenen Abteilung der Schwimmvögel, zu der man die Entenvögel (Anatitae), Seetaucher (Eudytidae), Lappentaucher (Colymbidae), Sturmvögel (Procellariidae), Pinguine (Aptenodytidae), Möven (Laridae), Alken (Alcidae) und andere stellte. Diese Vogelgruppe ist heute vollständig aufgelöst, und ihre einzelnen Abteilungen sind weit voneinander im System verteilt worden. So hat man die Entenvögel, Seetaucher und Lappentaucher in eine Hauptabteilung gestellt, zu der auch die schon genannten Würgvögel gehören; Sturmvögel und Pinguine lässt man je eine besondere Abteilung bilden, und die Möven und Alken hat man mit den Regenpfeifern (Charadriidae), Dickfüssen (Oedicnemidae), Trappen (Otididae) und andern zu der Abteilung der Suchvögel (Charadriiformes) vereinigt.

Es ist zweifellos, dass noch lange Zeit darüber hingehen und viel Arbeit dazu gehören wird, ehe wir ein einigermaassen natürliches System der Vögel haben werden, und dasselbe gilt von vielen andern Abteilungen des Tier- und ebenso auch des Pflanzenreiches. Bei den Pflanzen liegen die Verhältnisse übrigens weit günstiger, weil diese durch ihre viel weiter als bei den Tieren gehende äussere Gliederung einen viel tieferen Einblick in ihre natürlichen Verwandtschaftsverhältnisse gestatten.

Ein Beispiel populärer Systematik bei den Pflanzen würde vorliegen, wenn jemand etwa Jasione in die Abteilung der Kompositen einreihen wollte, die sich dadurch auszeichnen, dass ihre Blüten dichtgedrängt zu Köpfchen oder Körbchen, die eine Art Kelch haben, vereinigt stehen. Dem äusseren Habitus nach schliesst sich nämlich Jasione durchaus an die Kompositen an. Indessen haben die Botaniker lange erkannt, dass diese Gattung, wenn vielleicht auch natürliche Beziehungen zu den Kompositen zeigend, doch ziemlich weit von diesen zu trennen und mit den Glockenblumen (Campanula) u. a. in die Familie der Campanulaceen zu stellen ist. In der Systematik der Kompositen wird noch gegenwärtig vielfach ein auf Überschätzung der äusseren Formenähnlichkeit beruhender Fehler gemacht, indem man nämlich die Rand- oder Strahlenblüten, die wir etwa bei einer Sonnenblume (Helianthus), einer Kamille (Matricaria) oder einer Wucherblume (Chrysanthemum) antreffen, als systematisch gleichwertig mit den äusserlich ähnlich gestalteten Blüten anderer Kompositen, z. B. des Löwenzahnes (Taraxacum), der Cichorie (Cichorium), der Habichtskräuter (Hieracium) und zahlreicher anderer Gattungen, betrachtet. Vergleicht man aber etwa die Randblüten einer Kamille mit denen des Löwenzahnes, so findet man, dass die letzteren an der Spitze fünf Zipfel haben und aus fünf parallelen Streifen zusammengesetzt sind, während die der Kamille an der Spitze nur drei Zipfel haben und sich als aus drei parallelen Streifen zusammengesetzt erweisen. Die Randblüten der Kamille sind im Gegensatz zu den Blüten des Löwenzahnes, die man als Zungenblüten bezeichnet, als Einlippige zu betrachten, denn das, was an ihnen der Zunge der Zungenblüten zu entsprechen scheint, entspricht der Unterlippe von Blüten anderer Kompositen, bei denen auch eine Oberlippe entwickelt ist, wie wir es bei den südamerikanischen Mutisieen finden. Es kommt auch bei europäischen strahlenblütigen Kompositen gelegentlich, wenn auch selten, vor, dass eine Pflanze an einer oder einigen wenigen ihrer Randblüten eine gut entwickelte Oberlippe trägt. Man darf sich also nicht verleiten lassen, Kompositen, in deren Köpfchen nur einlippige Blüten stehen, wie es nicht selten bei Gartenpflanzen, z. B. bei der Aster (Aster chinensis), der Fall ist, zu den Kompositen mit Zungenblüten zu stellen.

Sowohl in der Zoologie als auch in der Botanik hat sich die Wissenschaft mehr und mehr von der auch heute noch eine grosse Rolle spielenden oberflächlichen populären Systematik, wie sie durch die angeführten Beispiele gekennzeichnet ist, ab- und einer natürlichen Systematik zuzuwenden. Immerhin hat die populäre Systematik in vielen Fällen das Richtige getroffen, im Gegensatz zu einer künstlichen wissenschaftlichen Systematik, wie sie von manchen Naturforschern in die Wissenschaft eingeführt worden ist; diese haben wir im folgenden Abschnitt zu betrachten.

Die natürliche Systematik ist nicht mit der sogenannten phylogenetischen oder stammesgeschichtlichen, die das Organismensystem in der Form von Stammbäumen giebt, zu verwechseln. Diese Art der Systematik nimmt Ergebnisse, wie sie die natürliche Systematik vielleicht einmal haben könnte, vielleicht aber auch nicht, im voraus weg. Es ist aber noch sehr die Frage, ob der blutsverwandtschaftliche Zusammenhang der Organismen ein derartiger ist, dass z. B. alle Vögel oder alle Kompositen von einer gemeinsamen Stammform abstammen. Nichts steht der Annahme entgegen, dass verschiedene Vogelgruppen einer-, verschiedene Kompositengruppen anderseits unabhängig von ihren Formverwandten aus Vogel-, bezw. Kompositenahnen, etwa aus reptilien-, bezw. glockenblumenartigen Formen hervorgegangen sind. Gleichwohl ist es jedem gestattet, seine Anschauungen über die Beziehungen der Formen einer Organismenabteilung zueinander in der Form eines Baumes, sei es planimetrisch, sei es stereometrisch, darzustellen; nur darf man nicht behaupten, dass damit etwas anderes gegeben sei, als ein Ausdruck näherer oder entfernterer Beziehungen verschiedener Formen zueinander, von Ähnlichkeiten, die man entdeckt hat oder entdeckt zu haben glaubt.

Eine „Systematische Phylogenie. Entwurf eines natürlichen Systems der Organismen auf Grund ihrer Stammesgeschichte“ hat Haeckel, der Begründer der Phylogenie, neuerdings in zwei Bänden, dem noch ein dritter folgen soll, publiciert (Berlin 1894 u. 1895, Bd. 1: Protisten und Pflanzen, Bd. 2: Wirbellose, Bd. 3: Wirbeltiere). Der Titel dieses Werkes entspricht seiner unzulässigen Auffassungsweise, denn man kann wohl eine hypothetische Stammesgeschichte der Organismen auf Grund des natürlichen Systems, nicht aber ein natürliches System der Organismen auf Grund ihrer unbekannten Stammesgeschichte entwerfen.

Einen ziemlich ausführlichen Stammbaum in stereometrischer Darstellung hat Max Fürbringer publiciert, und zwar einen Stammbaum der Vögel, deren System auf Grund der Untersuchungen Fürbringers in weitgehender Weise umgestaltet worden ist. (Vergl. Fürbringer, „Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel“, Amsterdam u. Jena 1888.)

Auf die Frage nach dem Verhältnis der Systematik zur Stammesgeschichte wird ein späterer Abschnitt näher eingehen.

4. Systematik nach Einzelheiten.

Während die populäre Systematik sich mehr oder weniger von der äusseren Formenähnlichkeit leiten lässt und hierbei oft das Richtige, sehr oft aber auch das Falsche trifft, stützt sich eine gelehrte künstliche Systematik auf einzelne Merkmale. Sie erreicht dadurch zwar eine bequeme Übersicht der Formen, bildet aus ihnen aber viele unnatürliche Gruppen. Ein hervorragendes Beispiel solcher Systematik

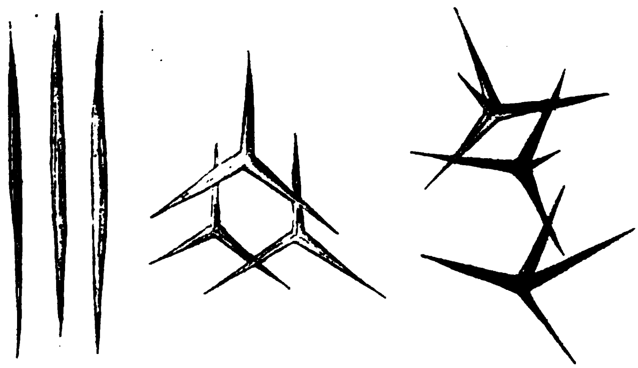
ist die Anordnung der Blütenpflanzen nach einzelnen von den Staub- und Fruchtblattkreisen hergenommenen Charakteren.

Das künstliche, lange Zeit hindurch gebrauchte Blütenpflanzensystem gründet sich in erster Linie auf die Anzahl, Länge, Anordnung und Verteilung der Staubgefässe, in zweiter auf die Anzahl der Griffel. Es unterscheidet 23 Klassen von Blütenpflanzen. Seine erste bis zehnte Klasse wird durch Pflanzen gebildet, die 1, bezw. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 Staubgefässe in jeder Blüte haben. In der elften Klasse befinden sich die Pflanzen mit zwölf bis zwanzig freien Staubgefässen. Die dreizehnte Klasse enthält Pflanzen mit zwanzig und mehr freien und zwar dem Fruchtboden eingefügten Staubgefässen. Die dreizehn ersten Klassen unterscheiden sich dadurch von der vierzehnten und fünfzehnten, dass bei ihnen die Staubgefässe gleich lang sind, bei den beiden letzteren dagegen nicht. Zur vierzehnten Klasse gehören Pflanzen mit vier freien Staubgefässen, von denen zwei länger sind als die übrigen beiden, und die fünfzehnte wird aus Pflanzen mit sechs Staubgefässen gebildet, unter denen zwei kürzer sind als die übrigen vier. Die bisher genannten Klassen weichen von den drei folgenden dadurch ab, dass die Staubgefässe bei den zu ihnen gehörigen Pflanzen frei, d. h. nicht untereinander verwachsen sind. Bei den Pflanzen der sechzehnten Klasse sind dagegen die Staubfäden zu einem Bündel verwachsen, bei denen der siebzehnten bilden sie deren zwei und bei den Pflanzen der achtzehnten drei oder mehr. Die neunzehnte Klasse wird von Pflanzen gebildet, in deren Blüten die Staubbeutel zu einer Röhre verwachsen sind. Bei der zwanzigsten sind die Staubfäden mit den Griffeln verwachsen. Die einundzwanzigste Klasse besteht aus Pflanzenarten, bei denen Staubgefässe und Stempel auf verschiedene Blüten verteilt, diese aber auf eine und dieselbe Pflanze vereinigt sind. Bei den Pflanzen der zweiundzwanzigsten Klasse befinden sich die Blüten mit Staubgefässen auf anderen Individuen als die Blüten mit Stempeln, während die dreiundzwanzigste solche Pflanzen enthält, die gleichzeitig Zwitterblüten, d. h. Blüten mit Staubgefässen und Stempeln, und eingeschlechtige Blüten, nämlich solche, in denen nur Staubgefässe oder nur Stempel vorhanden sind, auf einer und derselben Pflanze vereinigt zeigen.

Es ist lehrreich, dieses künstliche System der Blütenpflanzen noch etwas näher ins Auge zu fassen. Dabei finden wir, dass einige seiner Klassen in der That ganz natürliche Abteilungen des Pflanzenreiches bilden. Das ist z. B. bei der fünfzehnten Klasse der Fall, zu der nur die Kruciferen oder Kreuzblüter gehören. Eine andere natürliche Klasse ist die neunzehnte, die von den Kompositen gebildet wird. Ganz unnatürlich dagegen ist die achte, zu welcher u. a. die Gattungen des Ahorn (Acer), des Weidenröschens (Epilobium), der Heidelbeere

(Vaccinium), des Buchweizens (Fagopyrum) und des Moschuskrautes (Adoxa), also Pflanzen gehören, die nichts miteinander zu thun haben. Daraus ersehen wir, dass es völlig unzulässig ist, ein System der Organismen nach einigen wenigen Merkmalen aufzustellen.

Ähnliche künstliche Gruppen, wie das besprochene Pflanzensystem, zeigen manche Abteilungen der älteren Tiersysteme, bei denen gleichfalls einzelne Merkmale maassgebend gewesen sind. So unterschied man früher unter den Vögeln die Abteilungen der Klettervögel (Scansores), die aus Vögeln gebildet wurde, an deren Füssen zwei Zehen nach vorn und zwei nach hinten stehen. Diese Abteilung ist aber keine natürliche. Beispielsweise sind die Papageien, die man ihr früher zurechnete, weit von den anderen sogenannten paarzehigen Vögeln zu trennen. Dass es verfehlt war, die Paarzeher zu einer Abteilung des Vogelsystems zu vereinigen, geht schon daraus hervor, dass die eine



1. 2. 3.

Fig. 1—3. Kalkschwammnadeln.
1. Einstrahler. 2. Dreistrahler. 3. Vierstrahler.

Hinterzehe bei gewissen Paarzehern der inneren, bei anderen der äusseren Vorderzehe des gewöhnlichen Vogelfusses entspricht, bei dem drei Zehen nach vorn gerichtet sind, und eine nach hinten.

Ein hervorragendes Beispiel für eine Systematik nach einzelnen Merkmalen ist ferner ein System der Kalkschwämme, das von seinem Autor im Gegensatz zu einem anderen, gleichfalls von ihm selbst aufgestellten System, das er als ein künstliches bezeichnete, ein natürliches genannt wurde. In diesem System sind die Kalkschwämme nach der Beschaffenheit ihrer aus kohlensaurem Kalke bestehenden und als Nadeln bezeichneten Skelettteile zusammengestellt. Diese Einteilung wurde in jeder der drei Hauptgruppen der Kalkschwämme konsequent durchgeführt. Jede zerfiel in sieben Gattungen, von denen die erste durch Formen gebildet wurde, bei welchen die Kalknadeln unverzweigt, also nadel- oder pfriemenförmig sind (Fig. 1). In der zweiten Gattung

befanden sich Formen mit dreiteiligen (Fig. 2), in der dritten solche mit vierteiligen Nadeln (Fig. 3) die man im Gegensatz zu den unverzweigten „Einstrahlern“ als Drei- bezw. als Vierstrahler bezeichnet. Die vierte Gattung vereinigte in sich Formen, die sowohl Ein- als auch Dreistrahler enthalten, die fünfte solche, die teils Ein-, teils Vierstrahler bergen, die sechste Formen mit Drei- und Vierstrahlern, und die siebente endlich solche, die sowohl Ein- als auch Drei- und Vierstrahler aufweisen.

Die untenstehende Übersicht dieses sogenannten natürlichen Systems der Kalkschwämme lässt deutlich dessen Schematismus erkennen und erweckt auch schon bei dem Unerfahrenen den Verdacht, dass es sich hier nicht sowohl um eine natürliche, als vielmehr um eine höchst künstliche Anordnung handelt. In der That nimmt sich ein natürliches System der Kalkschwämme ganz anders aus.

Ascones	Leucones	Sycones
Ascetta	Leucetta	Sycetta
Ascilla	Leucilla	Sycilla
Ascyssa	Leucyssa	Sycyssa
Ascaltis	Leucaltis	Sycaltis
Ascortis	Leucortis	Sycortis
Asculmis	Leuculmis	Syculmis
Ascandra	Leucandra	Sycandra

Es geht eben nicht an, Organismensysteme auf Grund willkürlich herausgegriffener Charaktere aufzustellen. Wer eine grössere oder kleinere Gruppe von Organismenformen in ein System bringen will, muss dabei nach einwandsfreien Principien verfahren, d. h. alle Eigenschaften der Organismen ohne Ausnahme berücksichtigen. Um dieser schwierigen Arbeit Herr zu werden, hat man die systematisch anzuordnenden Formen zunächst nach bestimmten allgemeinen Gesichtspunkten zu gruppieren, das eine Mal nach diesen, das andere Mal nach jenen. Dadurch gewinnt man eine Übersicht über die Formen, die zur Beherrschung ihrer Mannigfaltigkeit und zur richtigen Beurteilung ihrer Zugehörigkeit führt. Die für eine natürliche Systematik maassgebenden allgemeinen Gesichtspunkte bilden den Gegenstand der folgenden Abschnitte.

Das im obigen besprochene künstliche Pflanzensystem ist das Linnésche, das sich in der Praxis trefflich bewährt hat, aber theoretisch unhaltbar ist. Das schematische System der Kalkschwämme rührt von Haeckel her, dessen „Monographie der Kalkschwämme“ (Berlin 1872) zahlreiche allgemeine Fragen der Biologie behandelt.

5. Das gemeinsame Maass der Organismen.

Die Systematik der Organismenformen kann zur Zeit noch keine rationelle sein. Das schliesst aber nicht aus, dass sie einer wissen-

schaftlichen Behandlung fähig ist. Als unwissenschaftlich müssen wir die beiden Arten der Systematik bezeichnen, die wir in den Abschnitten 3 und 4 kennen gelernt haben, weil die eine von ihnen oberflächlich, die andere aber willkürlich ist. Sie stellen die beiden Extreme einer unwissenschaftlichen Systematik dar. Die Anordnung der Organismenformen nach ihrer äusseren Ähnlichkeit berücksichtigt nur den Gesamteindruck, den die Organismenform auf uns macht; die nach einzelnen Merkmalen sieht dagegen von dem Gesamteindruck völlig ab und benutzt als Einteilungsprinzip Teile des Organismus, die, wie die Staubgefässe und Stempel der Pflanzen, nicht ohne weiteres in die Augen fallen, oder, wie die Skelettnadeln der Kalkschwämme, erst unterm Mikroskop deutlich sichtbar sind. Eine wissenschaftliche Systematik muss sich von diesen beiden Extremen frei halten, was sie nur dadurch kann, dass sie sämtliche Einzelheiten des Baues der Tiere und Pflanzen gebührend berücksichtigt und die Organismenformen nach allen möglichen Gesichtspunkten klassificiert, um durch allseitige Betrachtung auf den naturgemässen Zusammenhang der Formen geleitet zu werden. Der erste der Gesichtspunkte, nach denen sich die Organismenformen klassificieren lassen, ist die Art und Weise ihrer Zusammensetzung aus untergeordneten Formeinheiten.

Untersuchen wir die Zusammensetzung eines Organismus, so finden wir, dass wir an ihm Formindividualitäten verschiedener Grade unterscheiden können. Diese Untersuchung führt somit zu einer Individualitätslehre der organischen Formen. Zwei Beispiele, das eine dem Tier-, das andere dem Pflanzenreiche entnommen, mögen uns über die Aufgabe der Individualitätslehre und der Klassifikation der Organismenformen nach ihrer Zusammensetzung vorläufig orientieren.

Betrachten wir eine lebende oder gut konservierte, baumförmig verzweigte Koralle, etwa einen Stock der Edelkoralle (Corallium rubrum), so sehen wir zahlreiche achtarmige Polypen, welche wir als Personen des Korallenstockes bezeichnen können. Das Charakteristikum eines Tierstockes ist seine Zusammensetzung aus Personen. Fassen wir nunmehr die Personen unseres Korallenstockes ins Auge, so entdecken wir an jeder acht Anhängsel, ihre Tentakel oder Fangarme, die wir Organe der Person zu nennen pflegen. Bei einer Untersuchung des inneren Baues der Personen zeigt es sich, dass der von den acht Fangarmen umstandene Mund der Person durch ein Schlundrohr in einen Hohlraum, den Magen, führt, und dass dieser von acht in ihn mündenden Nischen, die durch Scheidewände voneinander getrennt sind, umgeben ist. Eine genauere Betrachtung der Scheidewände offenbart an ihnen Muskelfasern, die teilweise zu Bündeln vereinigt sind. Ferner finden wir, dass die Scheidewände eigentümliche Verdickungen ihrer Ränder, die sogenannten Mesenterialfäden, besitzen.

Die Mesenterialfäden und die Muskeln können wir als Organe der Scheidewände betrachten, ebenso wie wir diese als Organe der Korallenperson ansehen können. Untersuchen wir deren Organe auf ihren feineren Bau, so sehen wir, dass sie aus kleinen Gebilden zusammengesetzt sind, die man Zellen nennt, und die entweder direkt nebeneinander liegen oder durch eine Zwischensubstanz voneinander getrennt sind. Die Zellen und ihre Zwischensubstanz setzen die Organe der Koralle zusammen, diese deren Personen, und die Personen ihren Stock. Wir sehen also, dass den einzelnen Personen und Organen sowie den einzelnen Zellen der Koralle eine freilich noch genauer zu untersuchende Individualität zukommt; natürlich bildet auch der Stock ein Individuum. Demgemäss können wir an dem Korallenstock Individualitäten verschiedener Ordnungen unterscheiden, als welche wir hier den Stock, die Person, das Organ und die Zelle kennen gelernt haben. Der Stock einer Koralle bildet eine höhere Individualitätsstufe als eine seiner Personen, diese eine höhere als eines ihrer Organe, dieses wiederum eine höhere Stufe als eine seiner Zellen. So ist es wenigstens bei unserm Beispiele.

Ähnliches wie beim Korallenstock finden wir bei manchen Pflanzenstöcken. Betrachten wir etwa eine verzweigte Komposite, z. B. Tanacetum corymbosum, so finden wir, dass sie an der Spitze ihres Stammes ein Blütenköpfchen trägt. Wir sehen ferner, dass der Stamm Seitenäste aufweist, und dass auch diese an ihrer Spitze mit je einem Blütenköpfchen versehen sind. Weiterhin erblicken wir auch an den Ästen Seitenzweige, die wiederum in je ein Blütenköpfchen auslaufen. Der Stamm, der unten die Wurzel trägt, besitzt auch eine Anzahl Blätter. Untersuchen wir ein Blütenköpfchen genauer, so finden wir, dass es aussen eine grüne, aus einzelnen kleinen Blättchen zusammengesetzte Hülle trägt, die eine Art Kelch bildet. Im Innern dieser Hülle stehen eine Anzahl Blüten, von denen die inneren gelben eine Scheibe bilden, glocken- bis röhrenförmig sind und einen fünfzipfeligen Rand tragen. Wir können, wie uns die vergleichende Pflanzenkunde zeigt, die Blumenkronen dieser Blüten als aus fünf Blättern zusammengesetzt betrachten. Die weissen Randblüten unserer Pflanze erweisen sich dagegen als aus drei Blättern zusammengesetzt. Im Innern jeder gelben Scheibenblüte finden wir fünf Staubgefässe, die freilich mit ihren Staubbeuteln untereinander verklebt sind, aber dennoch fünf Blättern entsprechen, ferner den Stempel, dessen genauere Untersuchung zeigt, dass er aus zwei Blättern verwachsen ist. Einen solchen Stempel bergen auch die Randblüten, denen aber die Staubgefässe fehlen.

Vergleichen wir nun unsere Pflanze mit dem Korallenstock, so finden wir zahlreiche Analogieen. Der Stamm der Pflanze trägt, wie der des Korallenstockes, Äste, und diese sind wiederum verzweigt. Es fragt sich nunmehr, ob der Pflanzenstock auch ein Analogon zu den

Personen des Korallenstockes bietet. Als ein solches könnten wir wohl am ehesten noch die Scheibenblüten betrachten. Während die Polypen des Korallenstockes acht Fangfäden, acht Magenscheidewände und ein Schlundrohr haben, finden wir bei den Scheibenblüten von Tanacetum corymbosum fünf miteinander verwachsene Blumenkronblätter, fünf Staubgefässe und einen Stempel, der freilich aus zwei Hälften zusammengesetzt ist. Wenn nun die Analogie zwischen einer solchen Scheibenblüte und einem Korallenpolypen auch keine sehr weitgehende ist, so ist sie doch deutlich genug ausgesprochen. Der Stock unserer Pflanze ist freilich komplicierter als der der Edelkoralle, insofern hier die Analoga der Personen jener zunächst zu den Blütenköpfchen zusammentreten. Das ist indessen bei anderen Pflanzen, z. B. bei den Glockenblumen, nicht der Fall.

Die Teile der Pflanzen erweisen sich unter dem Mikroskop gleichfalls aus Gebilden, die wir Zellen nennen, zusammengesetzt. Wir haben in der Zelle ein Gebilde vor uns, das eine universelle Verbreitung bei tierischen und pflanzlichen Organismenformen besitzt. Nur „Zellen" finden wir überall wieder, und die meisten Zoologen und Botaniker der Gegenwart dürften auf dem Standpunkt stehen, dass es überhaupt keine Organismenform giebt, die nicht aus einer oder aus mehreren Zellen besteht. Es ist deshalb notwendig, dass wir uns vor allem mit der Zelle beschäftigen und erst dann näher, als es in dieser Orientierung geschehen konnte, auf die Zusammensetzung der Organismenformen eingehen. Das Ziel dieser Untersuchung muss eine Beantwortung der Frage sein, was denn, da wir verschiedene Körperkonstituenten bei den Tieren und Pflanzen unterscheiden können, das gemeinsame Maass der Organismen sei.

Da die Zelle von einer universellen Verbreitung ist, so liegt die Frage nahe, ob nicht gerade sie als das gemeinsame Maass der Tiere und Pflanzen anzusprechen sei. Ihr müssen wir deshalb eine ganz besondere Aufmerksamkeit widmen, indem wir ihren Begriff so genau, wie es geht, zu bestimmen suchen. Das kann aber nicht anders geschehen, als dadurch, dass wir auf die Einzelheiten ihres Baues soweit wie nötig eingehen.

Darüber, was man eine Zelle zu nennen habe, sind selbst die, welche sich speciell mit dem Bau und dem Leben der Zelle beschäftigen, noch nicht zur Einigkeit gelangt. Die Zelle wird aber als Elementarorganismus angesehen, als gemeinsames Maass der Tier- und Pflanzenformen, nach dem man den Wert der letzteren bemisst, und wir haben zu untersuchen, ob sie das sein kann, müssen uns also auch darüber verständigen, was wir unter „Zelle" verstehen wollen. Zu diesem Zwecke wollen wir uns einen Überblick über die Organismen oder die Teile von Organismen, die man heute als Zellen bezeichnet findet, zu verschaffen suchen.

Nehmen wir irgend ein Werk, das sich mit Bau und Leben der Zelle befasst, zur Hand, und sehen wir uns die Abbildungen an, die es von verschiedenen Formen von „Zellen“ giebt, so finden wir, dass nicht nur die einander unähnlichsten auf verschiedener Höhe ihrer individualgeschichtlichen Entwickelung stehenden Pflanzen und Tiere als Zellen bezeichnet werden, sondern dass auch Organismenteile, die Zellen dar-

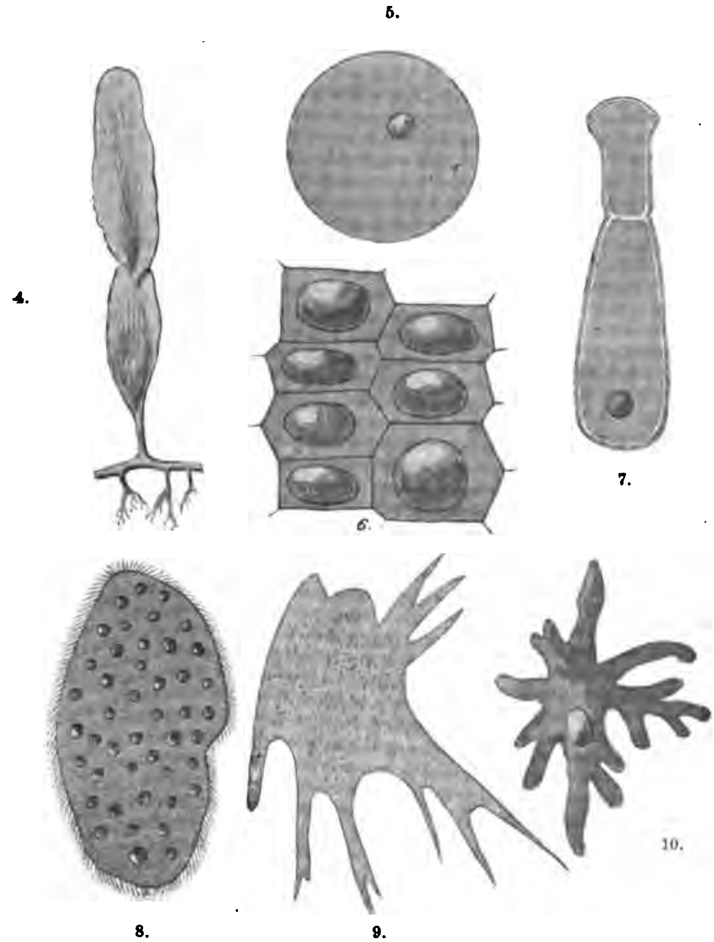
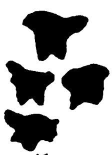


Fig. 4—10. Schematisierte Zellformen.
4. Schlauchalge (Caulerpa, frei nach Reinke). 5. Echinodermenei (frei nach O. Hertwig). 6. Junge Zellen aus der Wurzel von Fritillaria (frei nach Sachs). Gregarine (Clepsidrina blattarum, frei nach R. Hertwig). 8. Infusorium (Opalina ranarum, frei nach Zeller). 9. Amöbe (Pelomyxa pallida, frei nach Gruber). 10. Amöbe (Amoeba proteus, frei nach Leidy).

stellen, sehr ungleich sein können. Betrachten wir z. B. das obenstehend abgebildete Stück einer Siphonee oder Schlauchalge aus der Gattung Caulerpa (Fig. 4), so werden wir, falls wir nicht schon eines besseren belehrt sind, kaum auf den Gedanken kommen, dass diese Pflanze, an der wir ja deutlich stengel-, blatt- und wurzelförmige Gebilde unterscheiden können, von manchen Theoretikern als eine einzige

Zelle angesprochen wird; dennoch ist letzteres der Fall. Sehr verschieden von dieser Pflanze ist das daneben abgebilde Ei eines Stachelhäuters (Fig. 5), das nach allgemein angenommener Anschauung gleichfalls eine Zelle darstellt. Während wir es hier mit einer einzigen Zelle zu thun haben, stellt Fig. 6 einen Komplex von sieben Zellen aus der mittleren Schicht der Wurzelrinde der Kaiserkrone (Fritillaria imperialis) bei starker Vergrösserung dar. Aus dieser Abbildung ersehen wir, dass die Zellen hier durch Scheidewände voneinander getrennt sind. Vergleichen wir damit die Figur einer Gregarine (Fig. 7), eines Tieres, das gleichfalls aus mehr als einem Fache, nämlich aus deren zwei besteht, wenn auch die Scheidewand, die diese beiden Fächer voneinander trennt, nicht so deutlich ausgeprägt ist, wie die Scheidewände zwischen den Zellen aus der Wurzelrinde der Kaiserkrone, so werden wir, falls wir nicht schon wissen, dass man dieses Tier aus einer einzigen Zelle bestehen lässt, auf den Gedanken kommen, es handle sich hier um zwei Zellen. In dem grösseren der beiden Fächer, aus dem die Gregarine besteht, sehen wir einen rundlichen Körper, den sogenannten Zellkern. Wir könnten deshalb meinen, dass das Tier nur deshalb aus einer Zelle bestehen soll, weil es nur diesen einen Kern hat. Fig. 8 zeigt uns aber gleichfalls ein Gebilde, das man als einzelne Zelle anspricht, nämlich das Infusorium Opalina ranarum; aber hier sehen wir viele rundliche Körper, die alle als Kerne bezeichnet werden. Noch weit zahlreicher als die Kerne dieses Infusoriums sind kleine Körnchen im Leibe von Pelomyxa pallida, eines Wurzelfüssers, den man gleichfalls als eine einzige Zelle betrachtet, obwohl bei ihm von keinen Kernen, sondern nur von feinverteilter Kernsubstanz die Rede sein kann (Fig. 9). Der Pelomyxa ähnlich sind andere gleichfalls zu den Wurzelfüssern gestellte Organismen gestaltet, die indessen einen wohlausgebildeten Kern haben und ebenfalls eine Zelle repräsentieren sollen. Ein solcher Organismus ist die in Fig. 10 abgebildete Amoeba proteus. Durch amöbenähnliche Wesen werden gewisse Entwickelungsstadien von Myxomyceten oder Schleimpilzen dargestellt, wie sie in Fig. 11 abgebildet sind. Auch jedes von diesen Gebilden hat einen Kern, und kaum jemand trägt Bedenken, es als eine Zelle zu bezeichnen. Diese amöbenartigen Organismen können aber miteinander verschmelzen, wodurch wir ein sogenanntes Plasmodium, eine vielkernige Masse, die uns an die in Fig. 8 abgebildete vielkernige Opalina erinnert, erhalten (Fig. 12), und wenn diese nur aus einer einzigen Zelle besteht, so müssten wir den aus einer Verschmelzung zahlreicher amöbenartiger Wesen entstandenen Schleimpilz gleichfalls als eine einzige Zelle bezeichnen, obwohl wir wissen, dass er aus vielen Gebilden, von denen jede eine Zelle darstellen soll, hervorgegangen ist. Wir hätten die von dem Schleimpilz dargestellte vielkernige Masse

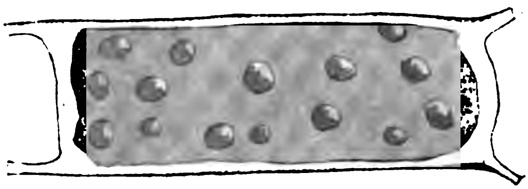
um so mehr als eine einzige Zelle gelten zu lassen, als man kein Bedenken trägt, ähnliche vielkernige Massen, wie wir sie bei gewissen Pflanzen, z. B. in der Algengattung Cladophora, finden, als einzelne Zellen anzusprechen. Eine solche Masse, die von einer Haut umgeben ist, ist in Fig. 13 dargestellt. Vergleichen wir mit dieser Abbildung die danebenstehende Fig. 14, die einen Teil des sogenannten Embryo-



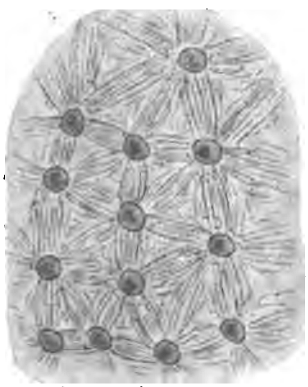
11.



12.



13.



14.



15.

Fig. 11—15. Schematisierte Zellformen.

11. Amöbenartige Zellen eines Schleimpilzes (Chondrioderma difforme, frei nach Strasburger). 12. Kleines Plasmodium eines Schleimpilzes (Chondrioderma difforme, frei nach Strasburger). 13. Zelle aus dem Faden einer Alge (Cladophora glomerata, frei nach Strasburger). 14. Teil des Wandbeleges aus dem Embryosack der Reseda (Reseda odorata) im Anfangsstadium sogenannter freier Zellbildung (frei nach Strasburger). 15. Teil des Wandbeleges aus dem Embryosack der Reseda (Reseda odorata) in vorgerückterem Stadium sogenannter freier Zellbildung (frei nach Strasburger).

sackes von Reseda darstellt, so müssen wir, wenn wir an Cladophora denken, zu der Ansicht gelangen, dass es sich hier auch nur um eine einzige Zelle, oder gar bloss um ein Stück einer solchen, handelt. Indessen finden wir in der folgenden Abbildung (Fig. 15) ein weiteres

Stadium desselben Komplexes von in einer gemeinsamen Masse eingebetteten Kernen, von dem man sagt, dass es nicht aus einer einzigen, sondern aus mehreren Zellen besteht, obwohl es doch nur geringe Unterschiede von dem vorhergehenden Stadium zeigt.

Alles, was wir im vorstehenden als Zelle bezeichnet gefunden haben, stimmt in zweifacher Beziehung überein: Jedes der als Zellen angesprochenen und von uns nebeneinander zur Anschauung gebrachten Gebilde hat einen oder mehrere Kerne, mindestens Kernsubstanz, und stellt eine bis zu einem gewissen Grade in sich abgeschlossene Individualität dar. Demgemäss definiert man den Begriff der Zelle gewöhnlich in der Weise, dass man sagt: Eine Zelle ist ein individualisierter Klumpen organischer Substanz, der einen oder mehrere Kerne birgt. Diesen Klumpen organischer Substanz nennt man den Zellleib oder das Protoplasma der Zelle, die Kerne bezeichnet man als Zellkerne. Dagegen betrachtet man, wenigstens in der Zoologie, eine etwaige den Zellleib umhüllende Haut, wie sie sich bei den Zellen aus der Wurzelrinde der Kaiserkrone und bei den Cladophorazellen findet, meistens nicht als zum Begriff der Zelle gehörig. Es giebt, so sagt man, Zellen mit und ohne Haut, Zellen mit und ohne Membran. Indessen sind einige Forscher der Ansicht, dass zum Begriff der Zelle unbedingt eine Zellmembran gehöre, eine Ansicht, die früher allgemein war. Wir ersehen daraus, dass sich die Ansichten über den Begriff der Zelle noch keineswegs geklärt haben. Während man gegenwärtig fast allgemein die Membran als nicht notwendigerweise zum Begriff der Zelle gehörig betrachtet, giebt es immerhin etliche Forscher, die den Begriff der Zelle von der Anwesenheit einer Membran abhängig machen. Anderseits lässt man gelegentlich Gebilde als Zellen gelten, denen der Kern fehlt, was z. B. bei den roten Blutkörperchen der Säugetiere der Fall ist. Und wenn man in diesem Falle auch von umgewandelten Zellen, von Zellen, die ihren Kern verloren hätten, spricht, so ist doch zu bedenken, dass wir den Begriff der Zelle nicht von ihrer Abstammung abhängen lassen können, sondern uns an das halten müssen, was wir in einem gegebenen Augenblicke finden. Es handelt sich im Falle der roten Blutkörperchen der Säugetiere nicht darum, ob sie aus Zellen hervorgegangen sind, sondern darum, ob sie selbst noch Zellen sind oder nicht. Wollten wir nun den Begriff der Zelle von der Anwesenheit eines oder mehrerer Kerne abhängig sein lassen, so würden individualisierte Gebilde ohne Kerne, wie es die roten Blutkörperchen der Säugetiere sind, und Organismen mit fein verteilter Kernsubstanz, wie die Amöbe Pelomyxa, keine Zellen sein. Die Zellen wären dann also kein gemeinsames Maass aller Organismen. Beständen wir darauf, dass, was Zelle heissen soll, eine Membran haben muss, so könnte bei den meisten Tieren von Zellen keine Rede sein. Wenn

wir also überall Zellen sehen wollen, so kann die Definition des Begriffes Zelle nur die folgende sein: Eine Zelle ist ein individualisierter, wenn auch nicht immer isolierter Klumpen lebender oder lebensfähiger organischer Substanz, der keine derartige sichtbare Gliederung in lauter untereinander gleiche Formeinheiten zeigt, dass er ohne Rest in diese aufgehen würde. — Wir treten nun näher an unsere Frage heran, ob die Zelle nach dieser Definition ein gemeinsames Maass für alle Organismen darstellen kann.

Zunächst finden wir, dass wir unter dem Begriff der Zelle die verschiedenartigsten Dinge vereinigt haben. In der That lässt sich dies nicht vermeiden, wie man den Begriff der Zelle auch definieren mag, und dieser Umstand ist bisher nicht genügend beachtet worden. Wir dürfen nicht vergessen, dass es höchst verschiedenartige Zellen giebt, Zellen, die in so hohem Grade voneinander abweichen, dass die Zelle kein Maass aller Organismen sein kann. Dass sie diesen bisher meistens erhobenen Anspruch aufgeben muss, geht aus den von uns abgebildeten Zellen deutlich hervor. Ganz augenscheinlich sind z. B. die Alge Caulerpa und die Amoeba proteus zwei sehr verschiedenartige Gebilde. Amoeba proteus hat nur einen Zellkern; Caulerpa hat deren viele. Amoeba proteus besitzt keine Membran, während Caulerpa von einer solchen umgeben ist. Ausserdem sind beide Organismen von sehr verschiedener Grösse. Was sie schliesslich gemein haben, ist nur die Sonderung der Kernmasse von einer sie umgebenden ungegliederten andersartigen Masse. Bei Caulerpa ist die Kernmasse aber in viele Kerne gesondert, bei Amoeba proteus bildet sie nur einen einzigen. Wo ist also hier das gemeinsame Maass? Das könnte höchstens ein Kern mit seiner Umgebung sein; aber letztere ist bei Caulerpa nicht gegen die Umgebungen anderer Kerne abgegrenzt, und wäre sie es, so wäre Caulerpa im Gegensatz zur herrschenden Auffassung vielzellig.

Wer als Zellen bezeichnete Gebilde verschiedenster Art vorurteilsfrei untereinander vergleicht, wird zu dem Ergebnis gelangen, dass die Zelle als gemeinsames Maass aller Tiere und Pflanzen oder, wie man auch wohl sagt, als Elementarorganismus, nicht haltbar ist. Indessen wollen wir untersuchen, in welcher Weise die Teile einer Zelle ineinander greifen und zusammenarbeiten, um vielleicht auf diesem Wege zu einer Einheit, die uns als gemeinsames Maass der Organismen dienen kann, zu gelangen. Zur Auffindung des gemeinsamen Maasses der Organismen haben wir zunächst zu untersuchen, ob bei kernhaltigen Zellen der oder die Zellkerne und der übrige Teil der Zelle, der Zellleib oder das Protoplasma, überall in der Weise zusammenwirken, dass wir wenigstens von aus Kernsubstanz und Protoplasma bestehenden und entweder in der Einzahl oder in der Mehrzahl im Organismus

vorkommenden Organisationscentren sprechen können. Um diese Untersuchung auszuführen, müssen wir uns mit den Ansichten vertraut machen, die man sich neuerdings über die Bedeutung des Protoplasmas und der Kernsubstanz gebildet hat. Leider besteht darüber keine Einigkeit. Es stehen sich im wesentlichen zwei Ansichten gegenüber, die beide an den Kern anknüpfen. Nach der einen ist der Kern der Träger der Vererbungssubstanz, nach der anderen ein Organ des Stoffwechsels. Diejenigen, welche den Kern als Träger der Vererbung ansehen, nehmen an, dass aus ihm Gebilde in das Protoplasma übertreten, die sich gewissermaassen in dessen Substanz einbetten und ihr auf diese Weise erst bestimmten Charakter geben. Jedenfalls würde es sich aber auch bei diesem Process darum handeln, dass Kernsubstanz und Protoplasma miteinander in Berührung kommen, und dass dadurch physikalische und chemische Processe eingeleitet werden. Um physikalische und chemische Processe handelt es sich aber auch nach der anderen Ansicht von der Kernsubstanz, nach derjenigen, wonach diese beim Stoffwechsel eine wesentliche Rolle spielt. Auch nach dieser Ansicht sollen Teile der Kernsubstanz in das Protoplasma eintreten und hier chemische Processe veranlassen. Es müssen aber auch umgekehrt aus dem Protoplasma Teile in den Kern eintreten, da ja dieser wieder ersetzen muss, was er verloren hat. Nach beiden Ansichten bildet also der Kern zusammen mit dem umgebenden Protoplasma einen Organisationsherd. Dieser spielt im Organismus eine beherrschende Rolle, denn es hat sich herausgestellt, dass bei denjenigen Tieren und Pflanzen, bei denen Kernsubstanz und Protoplasma voneinander gesondert sind, das Protoplasma nicht ohne Kernsubstanz und die Kernsubstanz nicht ohne Protoplasma fortexistieren kann. Jedes von beiden ist auf das Dasein des anderen angewiesen. Sichtbare Organisationscentren oder Lebensherde haben wir aber nur da, wo wir einen individualisierten Klumpen von Kernsubstanz, also einen Kern, umgeben von einer Quantität Protoplasma, vor uns haben. Wo das der Fall ist, sind physikalische und chemische Vorgänge auf einen Bezirk zusammengedrängt, wie der Verbrennungsprocess auf einen Herd, weshalb ein Kern, umgeben von einer Quantität Protoplasma, mit Recht den Namen Lebens- oder Organisationsherd verdient. Ebensogut wie die Bezeichnung Organisationsherd würde für einen solchen Lebensherd der Name organbildender oder organoplastischer Herd passen. Von solchen Herden aus wird ja nach den beiden Ansichten, die wir über die Bedeutung des Kernes kennen gelernt haben, die Organisation zu Wege gebracht, sei es, dass es sich um Stoffwechsel, also um den Verbrauch und Wiederersatz organogenetischer Substanz, oder um die Aufprägung eines bestimmten Charakters auf das Protoplasma, oder auch um beides handelt. Die Lebensherde können nun entweder mehr oder

weniger individualisierte Gebilde darstellen, wie es z. B. bei einkernigen Amöben und bei den einkernigen Zellen, die auf Seite 53 abgebildet sind, der Fall ist, oder sie können miteinander verschmolzen sein, wie bei den Schleimpilzen und bei den vielkernigen Zellen von Cladophora und Caulerpa. Dass es sich auch in diesen Fällen um eine Mehrzahl von Lebensherden handelt, geht aus der Individualisation der Kerne hervor.

Von den Lebensherden wohl zu unterscheiden sind die von ihnen erzeugten Substanzen, die entweder durch eine Umwandlung der auf den Lebensherden miteinander in Berührung kommenden Substanzen entstehen oder von ihnen ausgeschieden oder in ihnen abgelagert werden.

Nach allem obigen scheint es, als hätten wir in den Lebensherden ein Maass für alle Organismen gefunden; denn auch da, wo Plasma und Kern nicht unterscheidbar sind, können wir, sobald es sich um kleine individualisierte lebende Gebilde, wie die roten Blutkörperchen der Säugetiere und die Amöben der Art Pelomyxa pallida handelt, von Lebensherden sprechen. Aber diese können von sehr verschiedener Grösse sein. Wir haben in ihnen also noch nicht das gemeinsame Maass des Organismus gefunden. Es wäre sehr verkehrt, wollten wir die Organismen nach der Anzahl ihrer Lebensherde gleichsetzen; wir würden dadurch ähnliche Formen weit voneinander trennen und nicht zusammengehörige Formen als gleichwertige betrachten. Vergleichen wir z. B. einkernige und vielkernige Infusorien miteinander, so sehen wir, dass von einer Verschiedenwertigkeit dieser beiden Gruppen nicht wohl die Rede sein kann. Wir dürfen kein Bedenken tragen, Organismen, die aus vielen Lebensherden bestehen, neben solche zu setzen, die nur durch einen einzigen nebst den von ihm stammenden Produkten dargestellt werden. Wir müssen, wo es nötig thut, vielkernige und einkernige Organismen im System nebeneinander unterbringen, falls dieses durch die Zusammensetzung der betreffenden Organismen geboten ist. Dass wir dadurch keinen Fehler begehen, geht aus folgender Überlegung hervor.

Wir haben erkannt, dass die Lebensherde die Organbildner im Körper der Tiere und Pflanzen sind, sofern es sich wenigstens um die Hervorbringung organischer Substanzen handelt. Dass sich nun gleich grosse Organismen auch in Bezug auf das Gesamtvolumen der Lebensherde gleichen, ist nicht nur schon von vornherein wahrscheinlich, sondern scheint auch aus der Erfahrung hervorzugehen. Aber eine Zelle wird entweder durch einen grossen Kern versorgt, oder durch viele kleine.

Wir gelangen also zu dem Resultat, dass wir in den Lebensherden nicht das gemeinsame Maass der Organismen zu erblicken haben. Dieses könnte vielmehr nur durch quantitativ und qualitativ gleiche

Massen der organoplastischen Substanzen dargestellt werden, also, nach gangbaren chemischen Anschauungen ausgedrückt, durch gleichwertige Molekülkomplexe nach Art derjenigen, welche die organbildende Arbeit auf dem Lebensherde besorgen. Jeder Lebensherd besteht aus einer mehr oder minder grossen Anzahl solcher Molekülkomplexe, und zwischen den Molekülen eines jeden solchen Komplexes spielen sich die chemischen Vorgänge ab, die für den betreffenden Lebensherd charakteristisch sind. Nun liefern aber verschiedene Lebensherde verschiedene Produkte. Der Chemismus der Lebensherde ist bei verschiedenen Organismen und bei verschiedenen Lebensherden eines und desselben Organismus verschieden. In letzter Linie handelt es sich bei der Systematik der Organismen nach der Verschiedenartigkeit ihrer Gliederung also um die Frage, in welcher Weise verschiedene chemische Processe im Körper verteilt, und welcher Art die betreffenden Processe sind.

Das gemeinsame Maass der Organismen ist also keineswegs der Lebensherd, noch viel weniger die Zelle, sondern, in der üblichen chemischen Ausdrucksweise gesprochen, das Atom, in letzter Linie das Uratom. Darauf, wie eine Anzahl verschiedenartiger Atome und damit die chemischen und physikalischen Processe im Organismus verteilt sind, kommt es an, nicht auf die Frage, ob ein Organismus aus so und so vielen Lebensherden oder Zellen besteht. Es giebt Organismen, die nur einen einzigen Kern haben und dennoch, wie manche Infusorien, eine sehr reiche innere Gliederung besitzen, und andere, die viele Kerne bergen und trotzdem in allen ihren Körperregionen gleich sind.

Wir sehen nach alledem, dass wir einer nicht zum Ziele führenden Spur gefolgt sind, als wir von der Vermutung ausgingen, dass wir in der Zelle das gemeinsame Maass der Organismen vor uns hätten. Dass wir diesen Weg verfolgten, geschah nur zu dem Zwecke, um seine Ungangbarkeit darzuthun. Wir müssen also wieder auf unseren Ausgangspunkt zurückgehen, unsere Untersuchung über die Zusammensetzung der Organismen mit dem ganzen Organismus beginnen und nicht mit den Zellen. Wir haben zu fragen, wie viele Schritte wir machen müssen, um von dem ganzen Organismus zu den letzten der ihn konstituierenden Elementargebilde zu gelangen. Zunächst haben wir die allergröbsten Konstituenten des Organismus aufzusuchen und diesen in jene zu zerlegen; darauf zerlegen wir diese gröbsten Konstituenten in ihre eigenen Konstituenten, und auf diese Weise fahren wir mit der Zerlegung des Organismus fort, bis wir schliesslich bei den chemischen Processen, die sich in ihm abspielen, angelangt sind.

Trotzdem die Zellentheorie schon im Jahre 1838 durch M. J. Schleiden in seinen „Beiträgen zur Phytogenesis“ (Müllers Archiv, 1838) begründet wurde, herrscht über den Begriff der Zelle noch heute keine Einigkeit. Zu denjenigen, die nur da von

Zellen sprechen wollen, wo eine Zellhaut oder Membran vorhanden ist, gehört z. B. Sachs („Physiologische Uebungen", Flora oder allgem. botan. Zeitung, 1892, Heft 1), der den von der Membran umschlossenen Inhalt aus einer oder mehreren „Energiden" bestehen lässt. Unter „Energide" versteht er „die lebendige Einheit, auf welcher das organische Leben beruht"; sie kommt nicht bloss bei den Pflanzen vor, sondern bildet „auch zugleich die einheitliche Grundlage des tierischen Körpers". Das Wort „Zelle" will Sachs dagegen „in seinem ursprünglichen Sinne" „nehmen und damit nur die Zellhaut oder diese samt ihrem Inhalt" bezeichnen.

Gegen den Vorschlag von Sachs, die Bezeichnung Energide in die Wissenschaft einzuführen, lässt sich nichts einwenden; Energide ist das, was wir Lebens- oder Organisationsherd genannt haben. Dagegen wird Sachs' Vorschlag, den Begriff der Zelle in der von ihm angegebenen Weise einzuschränken, daran scheitern, dass man sich gewöhnt hat, auch bei tierischen „Energiden" von Zellen zu sprechen. Ausserdem giebt es viele Zellen, die mehrkernigen nämlich, deren Energiden nicht voneinander gesondert sind; und es ist zweckmässig, auch für solche eine Bezeichnung zu haben, was nicht der Fall sein würde, wenn man eine solche Zelle nur als einen Komplex von Energiden bezeichnen wollte. Wir dürfen das Wort Zelle umsomehr beibehalten, als auch die Energide oder der Lebensherd, wie wir gesehen haben, kein Maass der Organismen, keine „einheitliche Grundlage" sein kann. Was die Zelle gegenüber der Energide charakterisiert, ist der Umstand, dass sie stets individualisiert, das heisst gegen ihresgleichen deutlich abgegrenzt ist, obwohl sie mit diesen durch Verbindungsstränge zusammenhängen kann. Die Energiden, die z. B. eine Cladophorazelle (S. 55, Fig. 18) bilden, sind dagegen untereinander verschmolzen.

Von den Zellen unterschied Haeckel („Generelle Morphologie der Organismen", Berlin 1866) die Cytoden und Syncytien. Unter Cytoden verstand er das, was andere kernlose Zellen nennen würden, unter Syncytien vielkernige Protoplasmamassen, von denen manche, insbesondere pathologische Gebilde, auch Riesenzellen genannt werden. Zellen und Cytoden fasste Haeckel unter dem Begriff der Plastiden oder Bildnerinnen zusammen. Unter diesen bestehen die Cytoden nach Haeckel aus „Plasson", d. h. aus Bildungsstoff, der nicht in Kern und Protoplasma gesondert ist. Die Bezeichnungen Cytoden, Plastiden und Plasson haben sich nicht eingebürgert. Man hat zäh daran festgehalten, immer nur von Zellen, von Protoplasma und von Zellkernen zu sprechen. Aus diesem Grunde nennen auch wir Gebilde, die Haeckel Cytoden nennen würde, Zellen und nicht Plastiden, obwohl Haeckels Unterscheidung und Nomenklatur vieles für sich hat und geeignet sein würde, der Einbürgerung unrichtiger Anschauungen entgegenzuwirken. Unrichtig ist die Anschauung, dass alle Zellen einen Kern haben. Die roten Blutkörperchen der Säugetiere z. B. haben keinen Kern. Man könnte hier freilich sagen, dass seien Zellen, die ihren Kern verloren hätten; aber es giebt auch zweifellos Zellen, die während keines Zeitpunktes ihrer Existenz einen Kern haben. Ein Beispiel für solche Zellen ist Pelomyxa pallida (S. 53, Fig. 9). Hier sehen wir die Kernsubstanz zwar ganz deutlich als ein weit im Organismus verteiltes Aggregat feiner Körnchen. Aber ebendeswegen dürfen wir behaupten, dass Pelomyxa kernlos sei; denn seine Kernsubstanz ist nicht zu einem Kern vereinigt. Die Mischung von Kernsubstanz und Protoplasma bei Pelomyxa könnten wir mit Haeckel Plasson nennen.

Ob es protoplasmatische Organismen ohne Kernsubstanz giebt, ist eine andere Frage als die, ob es Zellen ohne Kerne giebt, und zwar eine, die wohl zu verneinen sein wird. Denn zahlreiche Experimente machen die Annahme zu einer wohlbegründeten, dass kein Organismus ohne Kernsubstanz existieren kann. Solche Experimente sind insbesondere von Verworn angestellt worden, der seine An-

schauungen über die Bedeutung des Zellkernes in seiner „Allgemeinen Physiologie" (Jena 1895), in seiner Schrift über „Die Bewegung der lebendigen Substanz" (Jena 1892) und in seiner Abhandlung über „Die physiologische Bedeutung des Zellkernes" (Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie, Bd. 51, 1891) niedergelegt hat. Aber man darf Kernsubstanz und Zellkern nicht für identisch halten. Organismen wie Pelomyxa pallida (vergl. Gruber, „Über einige Rhizopoden aus dem Genueser Hafen", Berichte d. naturf. Gesellsch. z. Freiburg i. B., Bd. IV, 1888) können wir mit Recht als kernlos, wenn auch nicht als kernstofflos, bezeichnen und mit Haeckel Moneren oder Einfache nennen. Die Anzahl der Moneren schien freilich zu der Zeit, als Haeckel seine „Monographie der Moneren" (Biologische Studien, I. Heft, Jena 1870) schrieb, bedeutend grösser zu sein. In vielen von Haeckel als Moneren bezeichneten Organismen hat man seitdem mit Hilfe der vervollkommneten Untersuchungstechnik der neuesten Zeit deutlich individualisierte Kerne entdeckt.

Eine Frage, die wir hier berühren müssen, ist die nach der Existenz von Organismen, die nur aus Kernsubstanz bestehen. Solche glaubte man in den Bak-

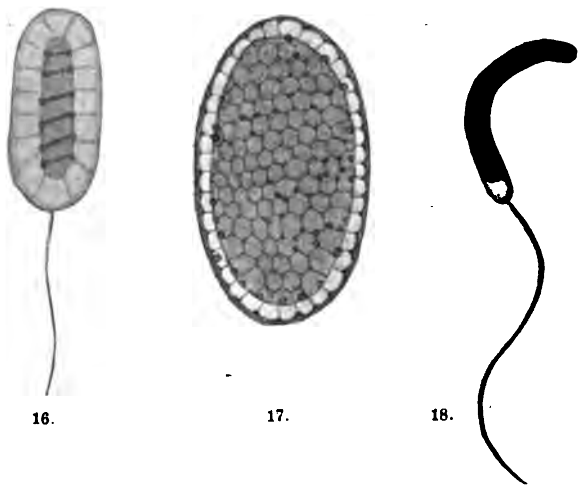


Fig. 16—18. Organisation von Bakterien (nach Bütschli).
16. Bacterium lineola. 17. Chromatium okeni. 18. Bakterium aus Sumpfwasser.

terien gefunden zu haben. Indessen hat Bütschli in seiner Schrift „Über den Bau der Bakterien und verwandter Organismen" (Leipzig 1890) eine Sonderung des Bakterienkörpers in zwei Substanzen nachgewiesen, in eine gewöhnlich massenhaftere, die sich gleich den Zellkernen bei Zusatz von Kernfärbemitteln intensiv färbt, und eine weniger massenhafte entweder äussere (Fig. 16 und 17) oder an besonderen Stellen des Bakterienkörpers lokalisierte (Fig. 18), die ungefärbt bleibt. Damit ist aber unsere Frage keineswegs entschieden. Denn auch die Zellkerne bestehen nicht ausschliesslich als Chromatin oder färbbarer Substanz. Die Bakterien könnten also immer noch Zellen ohne Protoplasma sein, woraus freilich nicht folgen würde, dass dieses nur von sekundärer Bedeutung für diejenigen Zellen ist, in denen es vorkommt.

Dass das Protoplasma nur eine untergeordnete Rolle spielt, ist diejenige Ansicht über die Bedeutung der Zellteile, die heute wohl noch die meisten Anhänger zählt. Nach dieser Ansicht ist der Kern der ausschliessliche Träger der Vererbung, d. h. dessen, was eine Zelle, bezw. einen Organismus zu einem Gebilde mit specifischem Charakter macht. Ihr huldigen Strasburger („Neue Untersuchungen über

den Befruchtungsvorgang", Jena 1889), O. Hertwig („Zeit- und Streitfragen der Biologie". Heft 1. Jena 1894, „Die Zellen und die Gewebe", Jena 1892, „Das Problem der Befruchtung und der Isotropie des Eies", Jena 1885), de Vries („Intrazellulare Pangenesis", Jena 1889), Weismann („Aufsätze über Vererbung", Jena 1892, „Das Keimplasma", Jena 1892) und viele andere. Nach de Vries giebt der Kern „Pangene", d. h. Organkeimchen an das Protoplasma ab und bestimmt dadurch dessen Charakter. Diese Hypothese ist von Weismann angenommen worden, der aber nicht von Pangenen, sondern von „Biophoren oder Lebensträgern" spricht. Bekämpft wurde die Hypothese von der Alleinherrschaft des Kernes von Verworn („Die physiologische Bedeutung des Zellkernes", Pflügers Archiv, Bd. 51, 1891, „Allgemeine Physiologie", Jena 1895), Bergh („Kritik einer modernen Hypothese von der Übertragung erblicher Eigenschaften", Zool. Anzeiger, 1892), Haacke („Die Träger der Vererbung", Biol. Centralbl. 1893, „Gestaltung und Vererbung", Leipzig 1893) und einigen wenigen anderen. Verworn sagt, das, was sich vererbe, sei der charakteristische Stoffwechsel zwischen Kern und Protoplasma.

Zu Gunsten der Hypothese von der Alleinherrschaft des Kernes führte man mit Vorliebe Experimente von Boveri mit Seeigeln (Boveri, „Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften", Sitzungsber. d. Gesellsch. f. Morphologie und Physiologie in München, 1889) an, die, auch wenn ihre Resultate eindeutig gewesen wären, nichts hätten beweisen können, wie zuerst von Bergh l. c. gezeigt wurde. Sie waren aber nicht eindeutig, was Seeliger („Giebt es geschlechtlich erzeugte Organismen ohne mütterliche Eigenschaften?", Archiv f. Entwickelungsmechanik. Bd. I, 1894) nachwies.

Die verschiedenen Ansichten über die Bedeutung des Zellkerns und des Protoplasmas ändern nichts an der Thatsache, dass der Kern mit seiner Umgebung ein Lebensherd oder, wenn man will, ein „Kraftcentrum" ist. Aber der Bezirk dieses Herdes oder Centrums ist bald gross und bald klein, kann also so wenig als Maass der Organismen dienen, wie die Zelle. Da der Anspruch der letzteren, ein solches Maass zu sein, ungerechtfertigt ist, ist es durchaus unzulässig, einzellige Organismen als Äquivalente der einzelnen Zellen vielzelliger Tiere und Pflanzen zu betrachten und z. B. eine Cellularphysiologie der letzteren mit der Physiologie der ersteren zu vermengen, eine Warnung, auf die wir noch mehrfach zurückkommen werden.

6. Die Gliederung der Organismen.

Jeder Organismus ist gegliedert, und seine Konstituenten unterscheiden sich zunächst nach ihrem Grade. Möglichst gleichwertige grösste Teilstücke des ganzen Organismus sind dessen Konstituenten ersten Grades, möglichst gleichwertige grösste Teilstücke von Konstituenten n^{ten} Grades sind Konstituenten $n+1^{\text{ten}}$ Grades. Ein Symbol eines in drei Grade von Konstituenten gegliederten Organismus haben wir in Fig. 19 (S. 64) vor uns. Wir sehen hier drei nebeneinander stehende grosse Kreise, die durch Radien in Sektoren oder Ausschnitte und durch kleinere Kreise in Ringe — auch den kleinen Kreis in der Mitte wollen wir als einen solchen betrachten — gegliedert sind. Konstituenten ersten Grades sind hier die drei grossen Kreise; solche des zweiten ihre Sektoren, während Konstituenten dritten Grades die die Sektoren zusammensetzenden Teilstücke von Kreisringen sind.

Die Konstituenten eines und desselben Grades können unbeschadet der Forderung, dass sie möglichst gleichwertig sein sollen, mehr oder weniger voneinander verschieden sein. Konstituenten verschiedener Grade müssen es sein. Sie können verschiedene Arten bilden, z. B. verschiedene Formen von Muskeln, Nerven, Gefässen, Kelchblättern, Blumenkronblättern, Staubblättern, Zellleibern und Zellkernen. Wir haben demnach zu fragen, wie viele Arten von Konstituenten einen Organismus zusammensetzen, und wie viele Konstituenten zu jeder

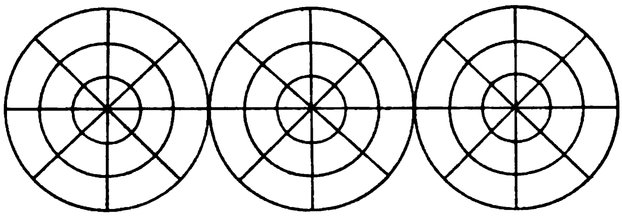


Fig. 19. Symbol eines dreigradig gegliederten Organismus.

seiner Konstituentenarten gehören. Soll uns die Beantwortung dieser Frage einen vollständigen Aufschluss über die Gliederung des Organismus in seine Konstituenten verschiedener Arten geben, so haben wir folgendes zu beachten: Zwei Organismen lassen sich als aus denselben Konstituentenarten letzten Grades aufgebaut denken, ohne dass sie deshalb gleich zu sein brauchten. Sie können sich nämlich durch die Reihenfolge ihrer Konstituenten und demgemäss durch die Gruppen

20 21

22

23 24

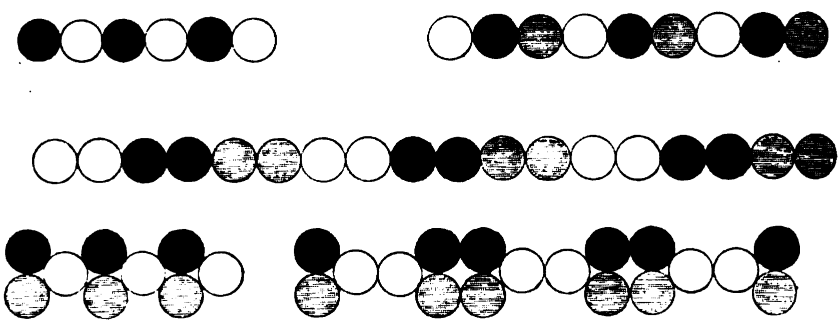


Fig. 20—24. Symbole zur Erläuterung der Gliederung der Organismen.

von Konstituenten letzten Grades, die wir als Konstituenten höherer Grade aufzufassen haben, unterscheiden. Dies wollen wir an den Figg. 20—24 erläutern. In Fig. 20 haben wir ein Symbol eines aus sechs Konstituenten bestehenden Organismus vor uns. Es zeigt abwechselnd schwarze und weisse Kreise. Hier ist nur eine Art von Konstituentengruppen vorhanden, nämlich die aus je einem schwarzen und weissen Kreise gebildete, und jede Gruppe besteht aus zwei Konstituenten, die verschiedenen Arten angehören. In der danebenstehen-

den Fig. 21 sind weisse, schwarze und schraffierte Kreise dargestellt, die Artverschiedenheiten der Konstituenten eines Organismus repräsentieren sollen. Auch hier, wie in der vorhergehenden und den folgenden Figuren, ist nur eine Art von Konstituenten ersten Grades vorhanden, aber diese unterscheiden sich in der aus der Figur ersichtlichen Weise von denen der anderen Figuren; dasselbe gilt für Fig. 23 und Fig. 24. Die Konstituenten eines Organismus können ferner in verschiedener Weise gelagert sein. Im grossen und ganzen lassen sich drei Formen der Anordnung unterscheiden. Die Konstituenten können nämlich erstens eine Reihe bilden, zweitens nebeneinander angeordnet und drittens ineinander eingeschachtelt sein. In dem Symbol Fig. 19 bilden die drei grossen Kreise eine Reihe, die Sektoren jedes dieser Kreise sind nebeneinander angeordnet, und die Kreisringe jedes Kreises sind ineinander eingeschachtelt. Bei der Frage nach der Anzahl der Konstituentenarten eines Organismus kommen also die verschiedenen Formen der Anordnung seiner Konstituenten und die Anzahl erstens der in Reihen angeordneten Konstituenten, der Reihenstücke oder Metonten, zweitens der nebeneinander liegenden, der Nebenstücke oder Paronten, und drittens der ineinander eingeschachtelten, der Schachtelstücke oder Kistonten, in Betracht.

Mit der Lagerung der Konstituenten eines Organismus zueinander und mit seiner daraus resultierenden geometrischen Form beschäftigt sich die Geometrie der Organismen, die Lehre von ihren Grundformen oder Promorphen, die Promorphologie.

Die Mannigfaltigkeit der geometrischen Formen der Organismen scheint von vornherein äusserst zahlreiche, wenn nicht unendlich viele Möglichkeiten zuzulassen. Thatsächlich ist aber die Anzahl der Grundformentypen, in denen die Vertreter der Tier- und Pflanzenwelt vorkommen, eine weit geringere, als die der denkbaren. Bei ihrer Beschreibung gehen wir am besten von einer bestimmten Form aus und leiten von dieser die anderen Formen ab.

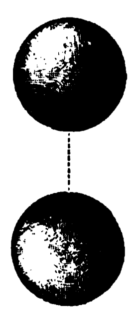


Fig. 25. Grundriss (unten) und Aufriss (oben) einer Kugel (nach Haacke).

Als Ausgangsform empfiehlt sich vor allen anderen die Kugel (Fig. 25). Diese wird dadurch charakterisiert, dass sich durch ihren Mittelpunkt unendlich viele einander gleiche Achsen legen lassen, deren jede zwei einander gleiche Pole besitzt. Als Pole bezeichnen wir die beiden Enden der Achse; die Achse der Kugel nennen wir deshalb gleichpolig, weil die Oberfläche der Kugel überall dieselbe geometrische Beschaffenheit zeigt. Durch ihre bekannten geometrischen Eigenschaften wäre die Kugel zwar auch für unsere Zwecke genügend charakterisiert; indessen empfiehlt es sich mit Rücksicht auf das

Folgende, sie durch ein Symbol zu kennzeichnen. Legen wir durch den Mittelpunkt der Kugel eine Ebene, ziehen wir in diese eine Achse, und denken wir uns die Ebene um diese Achse rotierend, so finden wir, dass sie in allen Stellungen, die sie bei ihrer Umdrehung um die Achse einnehmen kann, die Kugel sowohl in zwei kongruente, als auch in zwei symmetrisch-, spiegelbildlich-, oder, kürzer, spiegelgleiche Hälften teilt. Die um eine Achse einer Kugel rotierende Ebene kann aber unendlich viele Stellungen einnehmen. Da sich nun durch die Kugel auch unendlich viele gleiche Achsen legen lassen, so giebt es unendlich viele mal unendlich viele Ebenen, welche die Kugel sowohl in kongruente als auch in spiegelgleiche Hälften teilen. Um die Kugel kurz zu charakterisieren, können wir deshalb das Symbol $\infty\infty + \infty\infty$ anwenden, in welchem ebenso wie bei den folgenden der vor dem Pluszeichen stehende Teil die Ebenen, welche die Kugel in kongruente Hälften teilen und von uns kurz als Kongruenzebenen bezeichnet werden sollen, der nach diesem Zeichen stehende Teil die Anzahl der Symmetrieebenen angiebt.

Von der Grundform der Kugel lässt sich das Ellipsoid (Fig. 26) auf zweierlei Weise ableiten. Wir können uns entweder eine Kugelachse an beiden Polen um gleiche Stücke verlängert oder um gleiche Stücke verkürzt denken. Im ersteren Falle erhalten wir gewissermaassen eine in die Länge gezogene, im zweiten eine zusammengedrückte Kugel, in beiden Fällen ein Ellipsoid, das im Gegensatz zur Kugel eine vor allen andern Achsen ausgezeichnete Hauptachse hat. Diese Hauptachse ist gleichpolig. Irgend eine durch das Ellipsoid gelegte Ebene, in welche die Hauptachse hineinfällt, teilt das Ellipsoid sowohl in kongruente als auch in spiegelgleiche Hälften. Die Anzahl aller möglichen solcher Ebenen ist unendlich gross. Da das Ellipsoid aber nur eine Achse hat, die in unendlich viele Symmetrie- und Kongruenzebenen hineinfällt, so würde es durch das Symbol $1 \cdot \infty + 1 \cdot \infty$ charakterisiert werden, wenn es nicht ausser jenen unendlich vielen Symmetrie- und Kongruenzebenen, in welche seine Hauptachse hineinfällt, noch eine weitere Ebene hätte, durch die es gleichfalls in Hälften geteilt wird, die sowohl kongruent als auch spiegelgleich sind. Das ist die Ebene, die sowohl durch den Mittelpunkt der Hauptachse geht als auch zu dieser senkrecht steht. Das Symbol des Ellipsoids nimmt also folgendes Aussehen an: $1 \cdot (\infty + 1) + 1 \cdot (\infty + 1)$.

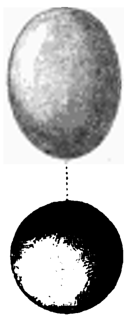


Fig. 26. Grund- und Aufriss eines Ellipsoids (nach Haacke).

Denken wir uns von dem Körper des Ellipsoids an einem Pol ein Stück abgeschnitten und seine Oberfläche in der Weise umgestaltet, dass es im Längsschnitt die Form eines Ovals erhält, so

haben wir das Ovoid (Fig. 27), dessen Kennzeichen eine ungleichpolige Hauptachse bildet, durch welche sich unendlich viele Kongruenz- und Symmetrieebenen legen lassen. Von dem Ellipsoid unterscheidet es sich dadurch, dass seine Hauptachse ungleichpolig, und dass keine zu dieser Hauptachse senkrecht stehende Ebene möglich ist, die das Ovoid, sei es in kongruente, sei es in spiegelgleiche, Ebenen teilte. Demgemäss ist das Symbol für das Ovoid: $1(\infty + 0) + 1(\infty + 0)$.

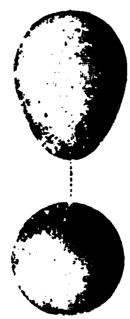


Fig. 27. Grund- und Aufriss eines Ovoids (nach Haacke).

Längsschnitte durch Ellipsoid und Ovoid, die diese Körper in kongruente und spiegelgleiche Hälften zerlegen, haben beim Ellipsoid die Form einer Ellipse, beim Ovoid die eines Ovals. Die Querschnitte, die wir erhalten, wenn wir Ellipsoid und Ovoid von senkrecht zu ihrer Hauptachse stehenden Ebenen schneiden lassen, sind bei beiden kreisförmig. Wir können uns beide Körper aber so umgestaltet denken, dass diese Querschnitte Ellipsen werden, dann erhalten wir an Stelle des Ellipsoids eine Form, die wir als Hypellipsoid, an Stelle des Ovoids eine, die wir als Hypovoid bezeichnen wollen. Letztere ist in Fig. 28 im Grund- und Aufriss dargestellt. Das Hypellipsoid wird durch drei aufeinander senkrecht stehende gleichpolige Achsen, das Hypovoid nur durch eine ungleichpolige Hauptachse charakterisiert. Diese fällt in zwei senkrecht aufeinander stehende Ebenen hinein, von denen jede das Hypovoid sowohl in kongruente als auch in spiegelgleiche Hälften teilt. Eine Ebene, die zu jenen beiden senkrecht stände und das Hypovoid gleichfalls in kongruente und spiegelgleiche Hälften teilte, giebt es nicht, während das Hypellipsoid eine solche Ebene hat. Das Hypellipsoid hat demnach das Symbol $(1 + 1 + 1) + (1 + 1 + 1)$, das Hypovoid $(1 + 1) + (1 + 1)$.



Fig. 28. Grund- und Aufriss eines Hypovoids (nach Haacke).

Die Querschnitte des Hypovoids sind, wie wir gesehen haben, Ellipsen. Denken wir uns jetzt einen Körper, der anstatt elliptischer ovale Querschnitte hat, so erhalten wir eine Form, die sich überhaupt nicht mehr in kongruente, sondern nur noch in spiegelgleiche Hälften zerlegen lässt und nur eine einzige Symmetrieebene besitzt. An einem solchen Körper, dem Zygoid, das in Fig. 29 im Grund- und Aufriss dargestellt ist, kann man Oben und Unten,



Fig. 29. Grund- und Aufriss des Zygoids (nach Haacke).

Vorn und Hinten, Rechts und Links unterscheiden. Sein Symbol ist $0+1$.

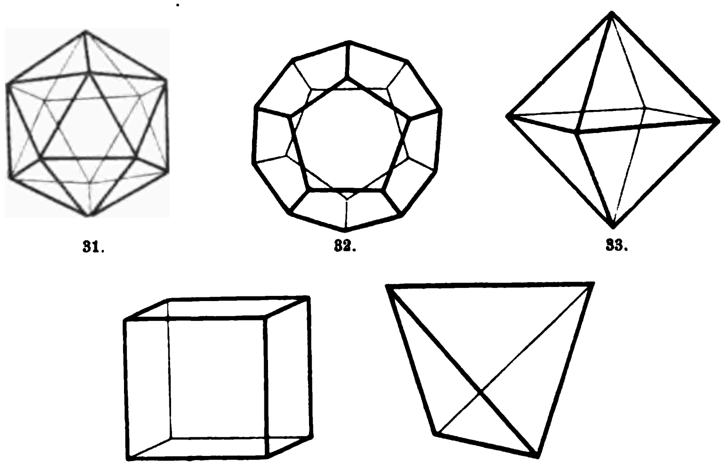
Wenn am Zygoid auch noch Rechts und Links voneinander verschieden werden, so erhalten wir ein vollständig unsymmetrisches Gebilde, das wir als Hypozygoid bezeichnen wollen. Fig. 30 stellt es im Grund- und Aufriss dar. Das Symbol dieser Form ist $0+0$. Wo wir eine vollständig unsymmetrische Organismenform finden, haben wir indessen zu untersuchen, ob es sich bei ihr um eine beständige Form handelt, oder ob der betreffende organische Körper überhaupt keine feste Grundform hat, sondern seine Gestalt fortwährend verändert. Im letzteren Falle würden wir von einem amorphen Körper sprechen können.



Fig. 30. Grund- und Aufriss des Hypozygoids (nach Haacke).

Der Reihe von Grundformen der Organismen, die wir kennen gelernt haben, ist eine zweite parallel, zu der wir uns nunmehr wenden.

Haben wir es mit einem Gebilde zu thun, das zwar im allgemeinen die Symmetrieverhältnisse der Kugel zeigt, aber in kongruenten Kugelsektoren entsprechende Paronten gegliedert ist, so ist



31. 32. 33. 34. 35.

Fig. 31—35. Reguläre Polyeder.
31. Ikosaeder. 32. Dodekaeder. 33. Oktaeder. 34. Würfel oder Hexaeder. 35. Tetraeder.

dessen Grundform die eines regulären Polyeders. Die Geometrie lehrt uns, dass es nur fünf Arten von regulären Polyedern geben kann, nämlich das Ikosaeder (Fig. 31), das Dodekaeder (Fig. 32), das Oktaeder (Fig. 33), den Würfel (Fig. 34) und das Tetraeder (Fig. 35). Das Tetraeder, das Oktaeder und das Hexaeder der Geometrie stimmen, nebenbei bemerkt, mit den gleichnamigen Formen der

Krystallographie überein; dagegen finden wir bei den Krystallen das Ikosaeder der Geometrie nicht vertreten, und das Pentagon-Dodekaeder der Krystallographie ist ein anderes, als das Dodekaeder der Geometrie.

Man könnte auch für die genannten regulären Polyeder der Geometrie Symbole, die sich an die der von uns betrachteten Grundformen der Organismen anschliessen, aufstellen. Das Symbol für das Tetraeder z. B. würde $6 + 6$ sein.

Dem Ellipsoid entspricht die reguläre Doppelpyramide (Fig. 36). Gleich jenem ist sie durch eine gleichpolige Hauptachse gekennzeichnet. Sie unterscheidet sich aber von ihm dadurch, dass sich in ihrer Hauptachse nicht unendlich viele, sondern nur eine endliche Anzahl von Symmetrieebenen schneiden. Es können, von der niedrigsten möglichen Zahl 3 angefangen, beliebig viele solcher Ebenen vorhanden sein. Jede davon zerlegt die Doppelpyramide in spiegelgleiche Hälften. Indessen wird sie durch ihre Symmetrieebenen nur dann in kongruente Hälften geteilt, wenn die Anzahl ihrer äquatorialen Kanten eine gerade ist. Die äquatorialen Kanten liegen in einer Ebene, die senkrecht zur Hauptachse steht und durch deren Mittelpunkt geht. Bei den Doppelpyramiden mit einer geraden Anzahl von äquatorialen Kanten, also mit einer Anzahl, die sich durch $2n$ bezeichnen lässt, wobei n natürlich eine ganze Zahl ist, kann man die Symmetrieebenen, die in diesem Falle auch Kongruenzebenen sind, entweder durch die äquatorialen Ecken oder durch die Mitte der äquatorialen Kanten gehen lassen. Es sind hier im ganzen $2n$ Symmetrieebenen vorhanden, in welche die Hauptachse hineinfällt. Ist die Anzahl der äquatorialen Kanten eine ungerade, lässt sie sich also durch die Zahl $2n + 1$ angeben, so geht jede der Symmetrieebenen, in denen die Hauptachse liegt, durch eine äquatoriale Ecke und den Mittelpunkt der gegenüberliegenden äquatorialen Kante; die Anzahl der Symmetrieebenen ist dann gleich $2n + 1$. Die Äquatorialebene teilt sowohl die Doppelpyramiden mit gerader Anzahl äquatorialer Kanten, als auch die, bei welchen die Anzahl der äquatorialen Kanten eine ungerade ist, sowohl in spiegelgleiche als auch in kongruente Hälften.

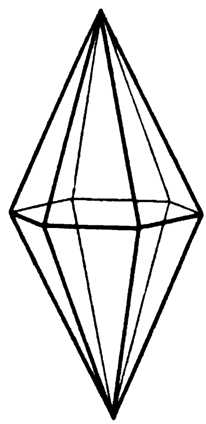


Fig. 36. Reguläre Doppelpyramide.

Dem Hypellipsoid, das durch drei ungleich lange, gleichpolige, senkrecht aufeinander stehende Achsen charakterisiert ist, entspricht eine Doppelpyramide, die gleichfalls durch dieses Achsensystem gekennzeichnet ist (Fig. 37). Wir wollen sie subreguläre nennen. Die

Anzahl der äquatorialen Kanten der subregulären Doppelpyramide muss immer eine gerade sein und wird durch die Formel 2 · (2 + *n*) ausgedrückt, kann z. B. 4, 6 oder mehr sein, und zwar 4, wenn *n* gleich 0, 6, wenn *n* gleich 1, 8 wenn *n* gleich 2 ist. Es giebt drei Arten von subregulären Doppelpyramiden, nämlich solche, bei denen die Symmetrieebenen durch äquatoriale Ecken, solche, bei denen sie durch Mittelpunkte von äquatorialen Kanten, und solche, bei denen sie teils durch jene, teils durch diese gehen.

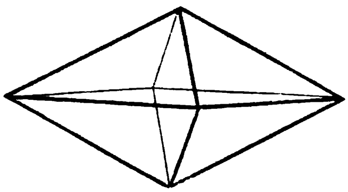
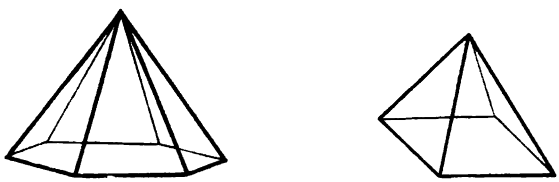


Fig. 37. Subreguläre Doppelpyramide.

Von der regulären und der subregulären Doppelpyramide unterscheiden sich die reguläre und die subreguläre Einzelpyramide (Fig. 38 u. Fig. 39) durch ungleichpolige Hauptachsen. Ihnen fehlen die

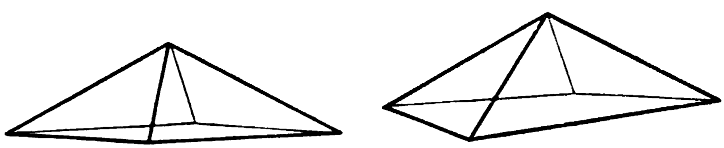


38. 39.

Fig. 38—39. Einzelpyramiden.
38. Reguläre Einzelpyramide. 39. Subreguläre Einzelpyramide.

äquatorialen Ebenen. Die reguläre Einzelpyramide entspricht dem Ovoid, die subreguläre dem Hypovoid. Im übrigen gilt für sie das für die reguläre, bezw. für die subreguläre, Doppelpyramide Gesagte.

Dem Zygoid entspricht die zweiseitig-symmetrische oder gleichschenklige Pyramide (Fig. 40), die durch den Besitz einer Mittelebene gekennzeichnet ist.



40. 41.

Fig. 40—41. Einzelpyramiden.
40. Gleichschenklige Pyramide. 41. Unsymmetrische Pyramide.

Der pyramidale Vertreter des Hypozygoids ist die unsymmetrische Pyramide (Fig. 41).

Mit der vorstehenden Übersicht ist die Anzahl der Grundformen der Organismen noch nicht erschöpft. Wir haben vielmehr noch eine Gruppe von Grundformen zu betrachten, die wir nicht in ihr unterbringen konnten, die der Schiefstrahler. Eine Ansicht der Grundform eines Schiefstrahlers giebt Fig. 42, und zwar einen Grundriss.

Diese Grundform hat im allgemeinen die Form einer einfachen Pyramide und zeichnet sich gleich realen Schiefstrahlern dadurch aus, dass sie wohl durch unendlich viele Ebenen in kongruente, aber durch keine in spiegelgleiche Hälften zerlegt werden kann. Die Anzahl der Strahlen eines Schiefstrahlers muss mindestens 2 betragen, kann im übrigen aber eine beliebige sein.

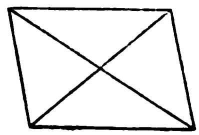


Fig. 42. Grundform eines Schiefstrahlers im Grundriss.

Nach dieser Übersicht der Grundformen der Organismen und dem, was ihr voraufgeht, wenden wir uns zur Betrachtung realer Formen.

Wo es sich um die Gliederung eines Organismus handelt, untersuchen wir zweckmässigerweise zuerst, ob er nur aus Paronten oder nur aus Metonten oder nur aus Kistonten besteht, oder ob er aus Konstituenten, die zweien oder allen dreien dieser Kategorieen angehören, zusammengesetzt ist. Besteht er aus Konstituenten, die mehr als einer dieser drei Kategorien angehören, so entsteht die Frage, wie sich die Konstituenten zueinander verhalten, in welcher Weise die Paronten jeden Grades aus Metonten und Kistonten, die Metonten aus Paronten und Kistonten, und die Kistonten aus Paronten und Metonten zusammengesetzt sind. Um uns die Dinge, um die es sich hierbei handelt, näher zu bringen, wollen wir den Körper eines höheren Tieres, und zwar den eines Wirbeltieres, ins Auge fassen. Der Wirbeltierkörper ist mit einer Haut bedeckt, die ihn an allen Seiten umgiebt. In dieser haben wir ein Kiston vor uns, denn die übrigen Organe des Wirbeltierkörpers sind in der Haut eingeschlossen. Sie sind gleichfalls mehr oder weniger ineinander eingeschachtelt. Ein schematischer Querschnitt durch einen Fisch, wie er in Fig. 43 abgebildet ist, giebt uns ein annäherndes Bild von der Art und Weise, auf welche dieses ausgeführt ist. Wir sehen aussen die Haut als schwarzen Kontur. Es folgt das netzförmig gezeichnete Muskelsystem, in welches die durch einen schwarzen Ring mit vier Anhängseln dargestellte Wirbelsäule eingelagert ist. Diese schachtelt einen Teil des Nervensystems, nämlich das strahlig gezeichnete Rückenmark, ein, dessen Querschnitt in unserer Figur oberhalb des die Wirbelsäule repräsentierenden Kreises liegt. Unterhalb des Querschnittes der Wirbelsäule sehen wir den durch die Aorta oder Hauptschlagader, darunter zwei schraffierte



Fig. 43. Schematischer Querschnitt durch einen Fisch auf der Höhe der vorderen Extremität (frei nach R. Hertwig).

Nierenquerschnitte. Darauf folgt der Querschnitt durch den Darm, der sich aus zwei Hauptschichten zusammensetzt. Der Querschnitt durch die Leibeshöhle, der dann folgt, ist weiss. Unter ihm liegt der punktierte Querschnitt des Herzens; rechts und links davon sehen wir die schraffierten Querschnitte des Schultergürtels, also eines Teiles des Knochensystems.

Der Körper des Wirbeltieres besteht nun ausser aus Kistonten auch aus mehr oder minder zahlreichen Metonten erster Grösse und aus zwei Paronten ersten Grades. Jedem Wirbel der Wirbelsäule eines Fisches z. B. würde ein Meton erster Grösse, d. h. eine Querscheibe des Körpers entsprechen, und ein durch Rücken- und Bauchmittellinie geführter Längsschnitt durch den ganzen Körper würde diesen in zwei Paronten zerlegen. Jedes Meton des Gesamtkörpers ist aus Paronten und Kistonten, jedes Paron aus Metonten und Kistonten zusammengesetzt. Die in die Mittel- oder Symmetrieebene des Körpers fallenden Kistonten gliedern sich in Metonten und Paronten. Die Hauptorgansysteme der Tiere, z. B. das Knochen-, das Muskel-, das Gefässsystem, sind Kistonten.

Von Kistonten, Metonten und Paronten können wir nicht bloss bei Tieren sprechen, sondern auch bei Pflanzen. Bei den höheren Pflanzen besteht der Körper aus mehreren Gewebeschichten, die ineinander geschachtelt sind, also mit demselben Rechte Kistonten genannt werden können, wie die Organsysteme der Tiere. Paronten sind z. B. gegenständige oder in einem Quirle stehende Blätter, so Kelch- und Blumenkronblätter, Staubgefässe und Fruchtblätter, sobald sie in Kreisen angeordnet sind. Von Metonten können wir deshalb bei Pflanzen sprechen, weil bei vielen von ihnen gleich- oder ungleichartige Gebilde in der Weise angeordnet sind, dass sie zusammen eine Reihe aufeinander folgender Abschnitte des Pflanzenkörpers bilden. So stellen der Kelch, die Blumenkrone, der Staubgefässkreis und der Stempel einer Pflanzenblüte vier hintereinander liegende Metonten dar.

Wenn wir nun die Zusammensetzung der Organismen aus Kistonten, Metonten und Paronten untersuchen, so stossen wir sowohl bei Tieren als auch bei Pflanzen früher oder später auf Zellen und Lebensherde, auf Kerne, die von einer Quantität Protoplasma umgeben sind und mit dem sie umgebenden Protoplasma einzeln oder zu mehreren den Körper einer Zelle bilden, oder auf kernlose Zellen. Dann erwächst uns die Aufgabe, auch bei diesen Gebilden eine Zerlegung in untergeordnete verschiedenartige Konstituenten nach deren Beschaffenheit und nach ihrer gegenseitigen Lage zu versuchen.

Alle Organismen sind aus Kistonten zusammengesetzt, denn selbst so einfache, wie Pelomyxa pallida (S. 53, Fig. 9), schliessen Körnchen ein. Es ist aber die Frage geboten, ob bei allen Organismen Paronten und

Metonten vorkommen, oder ob wir bei einigen vielleicht bloss Paronten, bei anderen bloss Metonten, bei noch anderen aber weder die einen noch die anderen finden. Diese Frage ist für die Tiere dahin zu beantworten, dass es Tiere giebt, die, sofern die Konstituenten ersten Grades in Betracht kommen, weder aus Metonten noch aus Paronten bestehen. Dahin würden z. B. die nur aus verschiedenen Schichten bestehenden Personen der Schwämme gehören. Wir finden weiterhin Tiere, die wohl rücksichtlich ihrer Konstituenten ersten Grades aus Paronten, aber nicht aus Metonten bestehen, z. B. die Medusen, Polypen und ihre Verwandten, die wir in die Gruppe der Nesseltiere oder Knidarien zusammenfassen. Diese bestehen in der Regel aus einer grösseren Anzahl von Paronten, was auch von den Echinodermen oder Stachelhäutern gilt. Bei Würmern, Mollusken, Wirbel- und Gliedertieren hat der Körper zwei Paronten als Konstituenten ersten Grades. Nehmen wir als Beispiel den Menschen, so haben wir in dessen beiden Körperhälften, die wir durch einen senkrecht durch den ganzen Körper gehenden und diesen in zwei spiegelgleiche Stücke teilenden Schnitt erhalten, seine beiden Paronten vor uns. Jedes dieser beiden Paronten hat z. B. einen Arm, einen Fuss, ein Auge, ein Ohr, einen Lungenflügel, eine Niere und eine Anzahl anderer Organe. Metonten finden wir als Konstituenten ersten Grades bei den Bandwürmern. In den beiden Kreisen der Wirbeltiere und der sogenannten Gliedertiere, zu welch' letzteren die Gliederfüsser, also die Insekten, Spinnen, Tausendfüsser, Krustentiere, ausserdem die Ringelwürmer, für die unser Regenwurm ein Beispiel ist, gehören, ist der Gesamtkörper aus einer Anzahl von Metonten zusammengesetzt, die z. B. bei den Wirbeltieren durch die Querscheiben des Körpers dargestellt werden, die den einzelnen Wirbeln der Wirbelsäule entsprechen. Die Metonten der Wirbel- und Gliedertiere sind aber nur Konstituenten zweiten Grades, da die ersten Grades durch die beiden Paronten dargestellt werden.

Eine Pflanze, die rücksichtlich ihrer Konstituenten ersten Grades nur aus Paronten besteht, ist z. B. Volvox globator (Fig 44). Ihre durch Fortsätze von Protoplasma untereinander verbundenen Zellen, die in diesem Falle die Paronten darstellen, bilden nur eine einzige kugelförmige Schicht. Algen, deren Körper aus einer einzigen fadenförmigen Zellreihe besteht, haben dagegen Metonten als Konstituenten ersten Grades.



Fig. 44. Volvox globator.

Das Lagerungsverhältnis der Paronten, Metonten und Kistonten zueinander ist rücksichtlich aller Konstituentengrade bis in alle Einzel-

heiten festzustellen. · So besteht eine quergestreifte Muskelfaser aus Metonten, die Hand des Menschen aus Paronten, nämlich den einzelnen Fingern, und diese setzen sich wieder aus Kistonten, z. B. Hautdecke und Knochen, und aus Metonten, nämlich den Fingergliedern, zusammen.

Da sämtliche Organismen aus Kistonten zusammsngesetzt sind, so müssen wir, wenn wir sie nach ihrer Zusammensetzung klassificieren wollen, von den aus einfachsten Kistonten bestehenden ausgehen. Diese haben wir in denjenigen einzelligen Organismen vor uns, deren membranloser Körper nicht in Zellkern und Zellleib gesondert ist. Hier können wir in der Regel nur eine Aussenschicht und Innenmasse, die aber nicht immer scharf gegeneinander abgegrenzt sind, unterscheiden. Ein Beispiel für solche Organismen ist Pelomyxa pallida (S. 53, Fig. 9). Bei den einzelligen Organismen mit einem Zellkern haben wir es mit zwei Kistonten ersten Grades zu thun, nämlich mit dem Protoplasma und dem Kern, die dann noch ihrerseits auf ihre Zusammensetzung zu untersuchen sind. Wird das Protoplasma von einer Membran umschlossen, so haben wir drei Arten von Kistonten ersten Grades vor uns. Je weiter wir uns nun von solchen Organismen nach der Richtung höherer Pflanzen und Tiere hin entfernen, mit desto komplicierteren die Zusammensetzung des Körpers aus Kistonten betreffenden Verhältnissen bekommen wir es zu thun, und nach der grösseren oder geringeren Komplikation in Bezug auf diese Verhältnisse sind die Organismen in erster Linie zu klassificieren.

Zweitens handelt es sich um die Frage, aus wie viel Arten von Paronten die Organismen zusammengesetzt sind. Wir haben ja u. a. gesehen, dass Paronten als Konstituenten ersten Grades auch bei niederen Tieren vorkommen, und haben deshalb in zweiter Linie nach den Unterschieden der Paronten zu fragen, nicht aber gleich nach denen der Metonten, die sich als Konstituenten ersten Grades nicht bei allen Tieren finden. Danach, aus wieviel Arten von Paronten der Körper der verschiedenen Organismen zusammengesetzt ist, sind sie dann anzuordnen, wobei man mit denjenigen zu beginnen hat, die nur eine Art von Paronten haben, oder deren Paronten sich auf sehr wenige Parontenarten verteilen. Diejenigen Organismen, bei denen die Anzahl der verschiedenen Parontenarten eine sehr grosse ist, haben den Beschluss zu machen.

Bei den meisten Tieren sind die Paronten ersten Grades oft mehr oder weniger gleich. Die beiden Paronten des Menschen z. B. lassen sich äusserlich kaum voneinander unterscheiden, abgesehen davon, dass sie nicht kongruent, sondern nur spiegelgleich sind. Untersuchen wir indessen den anatomischen Bau des Menschen, so finden wir, dass sie nicht in allen Teilen einander entsprechen. So z. B. liegt das Herz

auf der linken Seite, und auch andere Organsysteme sind nicht ganz symmetrisch. Auffällige Ungleichheit der Paronten findet sich bei den Pleuronektiden oder Flachfischen, zu denen die Schollen (Pleuronectes), Zungen (Solea) und andere gehören. Sehr ungleich sind die beiden Paronten auch bei vielen Mollusken, besonders bei den Schnecken mit gewundener Schale. Wo mehr als zwei Paronten vorhanden sind, können die Verhältnisse natürlich mannigfaltiger sein als bei dem Vorhandensein von nur zwei Paronten. Indessen finden wir z. B., dass die Paronten der meisten Tiere, deren Körper aus mehr als zwei Paronten erster Grösse zusammengesetzt ist, keine sehr wesentlichen Unterschiede zeigen. Am stärksten sind diese bei manchen Seeigeln, die fünf Paronten und nur eine Symmetrieebene haben. Jene gehören zu drei verschiedenen Arten. Es sind ein vorderes Paron und zwei Parontenpaare, ein seitliches und ein hinteres, vorhanden. Das vordere Paron ist etwas verschieden von den beiden seitlichen, die es einschliessen, und diese sind wieder etwas anders ausgebildet, als die beiden hinteren.

Auch in Bezug auf die Metonten haben wir die Organismen in ein System zu bringen, das mit denjenigen Formen beginnt, die nur aus einer Metontenart bestehen, und mit denjenigen endigt, die aus vielen verschiedenen Arten von Metonten zusammengesetzt sind.

Wir ersehen aus alledem, dass ein System der Organismenformen nach ihrer Zusammensetzung aus gleich- oder ungleichartigen Kistonten, Paronten und Metonten verschiedener Grösse für die Entwickelungsmechanik von grosser Bedeutung sein muss. Dabei ist aber die Verteilung der Konstituenten nach den Symmetrieverhältnissen der Grundformen zu berücksichtigen. Diese sind nämlich nicht ganz regellos über die Organismengruppen verteilt, wenn auch oft Pflanzen dieselben Grundformen haben wie Tiere, und niedere dieselben wie höhere Organismen.

Untersuchen wir die Organismen auf ihre Grundformen, so haben wir in erster Linie nicht sowohl die Form von deren Oberfläche, als vielmehr die Verteilung ihrer sämtlichen inneren und äusseren Organe, ihrer sämtlichen Konstituenten in Bezug auf die Symmetrieebenen des Körpers ins Auge zu fassen. Die von uns beschriebenen Grundformen sind ja nur ideale Gebilde. Das Wesentliche an diesen ist die Anzahl und Lage der Symmetrieebenen. Dasselbe gilt für die Grundformen realer Organismen oder ihrer Teile. Die äussere Form des Organismus ist nur der mehr oder weniger deutliche Ausdruck der mehr oder weniger symmetrischen oder unsymmetrischen Verteilung seiner Konstituenten. Indessen darf man sich nicht von ihr leiten lassen. Eine Organismenform kann z. B. äusserlich wie eine Kugel aussehen und doch die Symmetrieverhältnisse eines Ovoids oder Zygoids

haben. So ist die sogenannte Blastosphära oder Blastula, eine Keimform mancher Tiere, deren Schema wir in Fig. 45 wiedergeben, von einer Kugel oft nicht zu unterscheiden. Aber ihre Zellen haben nicht alle dieselbe innere Struktur, und deren Verteilung giebt der Blastula eine bestimmte, von der Kugel verschiedene Grundform, die erst auf späteren Entwickelungsstadien deutlich erkennbar wird, aber nicht nur in der Blastula, sondern auch schon im Ei angelegt sein muss, weil sie sonst überhaupt nicht auftreten könnte. Hieraus ist ersichtlich, wie wichtig die Feststellung der Grundformen aller Organismen, ihrer Teile und ihrer Entwickelungsstadien für die Entwickelungsmechanik ist.

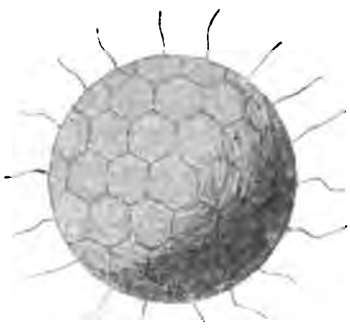


Fig. 45. Schema einer Blastosphära (frei nach Haeckel).

Ein Überblick über das Vorkommen der verschiedenen Grundformen bei den Organismen und bei ihren Konstituenten, der uns zu weit führen würde, mag durch das folgende ersetzt werden.

Die echte Kugelform hat sowohl im Pflanzen- als auch im Tierreich reale Vertreter. Als einen dem Tierreich angehörigen Vertreter der Kugelform führen wir Megasphaera planula an, ein eigentümliches Tier, das grösste Ähnlichkeit mit dem von uns in Fig. 45, abgebildeten Schema der Blastula hat, von der es sich fast nur durch eine bedeutendere Anzahl von sogenannten Flimmerhaaren unterscheidet. Ein pflanzlicher Vertreter der Kugelform ist der der Megasphaera und Blastula ähnliche Volvox globator (S. 73, Fig. 44). Übrigens ist in Bezug auf die Formen von Volvox und Megasphaera die Frage am Platze, ob es sich hier wirklich um Kugelformen und nicht vielmehr um solche von Polyedern handle. Diese Frage mag man, wenn man will, bejahen; allein von regulären Polyedern kann dabei keine Rede sein, da diese nicht über 20 Flächen haben können. Da Megasphaera und Volvox die Grundformen von Polyedern mit sehr vielen Flächen haben würden, so kann man sie in praxi als Kugelformen betrachten.

Als reale Vertreter regulärer Polyeder können wir z. B. die Pollenkörner mancher Pflanzen anführen.

Als Beispiele ellipsoider Formen lassen sich aus dem Pflanzenreiche gewisse Bakterien nennen, von denen wir in Fig. 46 und 47 einen etwas schematisierten optischen Längs- bezw. Querschnitt von Chromatium okeni abbilden. Aus dem Tierreich gehören zu dieser im allgemeinen seltenen Form manche Skelette von Radiolarien und die roten Blutkörperchen der meisten Säugetiere (Fig. 48), die kreisrunde, an beiden Seiten dellenförmige Vertiefungen zeigende Scheiben darstellen.

Reguläre Doppelpyramiden finden wir namentlich an Radiolarienskeletten.

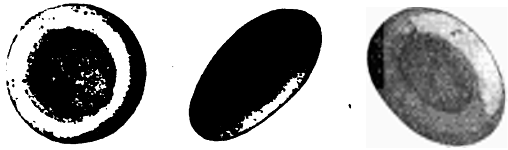
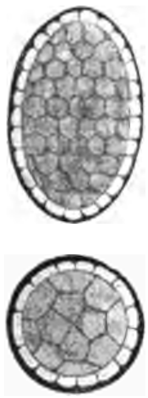


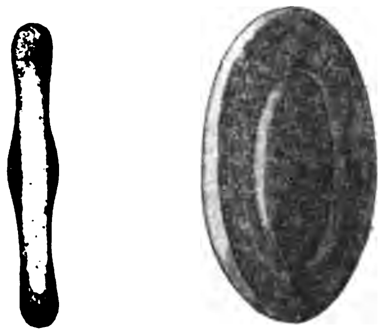
Fig. 48. Rote Blutkörperchen eines Säugetieres.



46.

47.

Fig. 46—47. Chromatium okeni. 46. Optischer Längsschnitt. 47. Optischer Querschnitt. (Nach Bütschli.)



50. 49.

Fig. 49—50. Blutkörperchen des Olms (Proteus anguineus). 49. Flächenansicht. 50. Seitenansicht.



Fig. 51. Junger Champignon (Agaricus campestris).

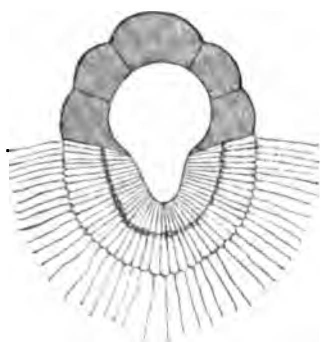


Fig. 52. Blastula eines Kalkschwammes (Sycandra raphanus) im optischen Längsschnitt (nach F. E. Schulze).

Das Hypellipsoid ist in den roten Blutkörperchen mancher Wirbeltiere, z. B. denen des Olms (Proteus anguineus), die in Fig. 49 und 50 in einer Flächen- und Seitenansicht dargestellt sind, verkörpert. Unter

den Pflanzen findet es sich u. a. bei manchen Algen, so bei der Konjugate Cosmarium botrytis.

Manche Konjugaten kann man als Vertreter der subregulären Doppelpyramide auffassen, z. B. Micrasterias crux melitensis. Im Tierreiche besitzen etliche Radiolarienskelette diese Grundform.

Das Ovoid findet sich im Pflanzenreich mehrfach durch reale Formen repräsentiert, so bei dem in Fig. 51 abgebildeten Entwickelungsstadium eines Pilzes (Agaricus campestris). Auch manche Tierformen sind ovoid, z. B. die in Fig. 52 abgebildete Blastula eines Schwammes (Sycandra raphanus). Beide Formen sind durch eine ungleichpolige Hauptachse, welche in unendlich viele Kongruenz- und Symmetrieebenen hineinfällt, und durch die Abwesenheit anderer Kongruenz- und Symmetrieebenen charakterisiert. Viele tierische Eier haben ovoide Form. Es ist aber, wo diese vorzukommen scheint, in jedem



Fig. 53. Skelett einer Koralle (Thecopsammia gemma), von der Mundfläche gesehen, (nach dem Challenger-Bericht; aus Haacke, „Schöpfung der Tierwelt").



55. 54.

Fig. 54—55. Schale der Malermuschel (Unio pictorum).
54. Längsansicht. 55. Queransicht.

einzelnen Falle zu untersuchen, ob nicht ein Scheinovoid vorliegt; denn es giebt auch viele Tiereier, die gar keine Kongruenzebenen und nur eine Symmetrieebene haben. Um Verwechselungen zu verhüten, sei hier bemerkt, dass unter Eiern nicht Gebilde, wie die sogenannten Vogeleier, zu verstehen sind, sondern Eizellen, d. h. mit einem Kern versehene individualisierte Protoplasmaklumpen.

Für die reguläre Einzelpyramide giebt es viele reale Vertreter. Aus der Tierwelt sind hier u. a. zahlreiche Medusen und Polypen zu nennen, aus der Pflanzenwelt z. B. die Blüten der Primulaceen, Liliaceen und Iridaceen.

Ein Vertreter des Hypovoids lässt sich kaum ausfindig machen. Dagegen ist die subreguläre Einzelpyramide u. a. in etlichen Medusen und manchen Korallen (Fig. 53) verkörpert. Aus der Pflanzenwelt sind hier manche Blütenformen, z. B. die des Hexenkrautes (Circaea), zu nennen.

Das Zygoid ist die Grundform mancher tierischer Eizellen, z. B. der der Insekten. Äusserlich sind diese zwar kugelähnliche Gebilde, aber ihr Kern und die Bestandteile ihres Zellleibes — Bildungsdotter und Nahrungsdotter — sind so orientiert, dass die Eizellen nur eine Symmetrieebene besitzen.

Die gleichschenklige Pyramide hat viele Tier- und Pflanzenformen als Repräsentanten. Zu ihr gehören alle sogenannten bilateral- oder zweiseitig-symmetrischen Tiere, z. B. die Insekten und die sogenannten zygomorphen Blüten, so die der Labiaten, der Papilionaceen und mancher anderer Pflanzen. Als Beispiel eines Organismus, dessen Grundform die gleichschenklige Pyramide ist, zeigen Fig. 54 und 55 eine Malermuschel (Unio pictorum) in Seiten- und Queransicht.

Unter den niederen Tieren, z. B. den Infusorien und den Foraminiferen oder Kammertieren, finden sich Vertreter des Hypozygoids. Ein solcher ist u. a. Stentor.

Die unsymmetrische Pyramide findet sich als Grundform von Tieren unter anderen bei Schnecken und Flachfischen. Unter den Pflanzenformen haben z. B. die Blüten der Baldrianarten (Valeriana) diese Grundform.

Beispiele für Schiefstrahler bieten unter den Tieren z. B. die Segelquallen (Velella) und ihre nächsten Verwandten. Die Knospe der Windenblüte (Convolvulus) stellt ein Beispiel aus dem Pflanzenreich für diese Grundform dar.

Keine bestimmte Grundform haben manche niedere Organismen. Ein Beispiel dafür ist Amoeba proteus (S. 53, Fig. 10).

Die Grundformen können in mannigfacher Weise kombiniert sein, wofür viele Blüten schöne Beispiele bieten. Blüten sind überhaupt geeignet, uns lehrreiche Einblicke in Symmetrieverhältnisse thun zu lassen, weshalb wir im Folgenden eine Anzahl von Blütendiagrammen betrachten wollen. Unsere Abbildungen sind, zur Hervorhebung der charakteristischen Symmetrieverhältnisse, mehr schematisiert, als bei Blütendiagrammen sonst üblich. Die Dreiecke stellen Kelchblätter, die Halbmonde Blumenkronblätter, die becher- oder nierenförmigen kleinen Figürchen Staubblätter dar. Das mittelste Figürchen in jedem Diagramm repräsentiert den Stempel. Sterile oder abortierte Organe sind durch unausgefüllte Figürchen dargestellt.

Fig. 56 ist das Diagramm einer Primelblüte (Primula), deren Kelch, Blumenkrone, Staubgefässkreis und Stempel fünfteilig sind. Wir haben es in diesem Fall mit der Grundform einer regulären fünfseitigen Pyramide zu thun.

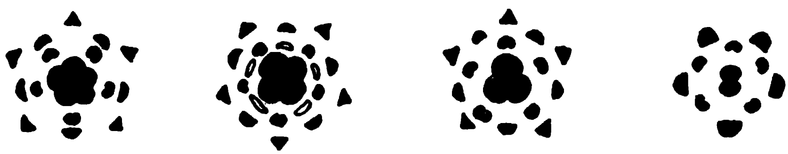
Das Diagramm einer Parnassienblüte (Parnassia) ist in Fig. 57 dargestellt. Innerhalb des Kreises der fertilen Staubgefässe finden wir hier noch einen Kreis steriler Staubblätter. Anstatt von fünf

Staubblättern haben wir also in diesem Falle zehn, wodurch aber die fünfseitige Pyramidenform, die dem Kelch, der Blumenkrone und den Staubblattkreisen zu Grunde liegt, nicht gestört wird. Dagegen ist der Stempel von Parnassia nur vierteilig; er hat nicht die Grundform einer regulären fünfseitigen, sondern die einer regulären vierseitigen Pyramide. Wir haben hier also eine Blütenform, die kombinierte Grundformen zeigt.

Eine Kombination verschiedener Grundformen weist auch die Blüte der Glockenblumen (Campanula) auf, deren Diagramm in Fig. 58 dargestellt ist. Hier ist eine reguläre dreiseitige Pyramide, die Grundform des Stempels, mit einer regulären fünfseitigen kombiniert.

In der Scheibenblüte der Kompositen (Fig. 59) ist eine reguläre fünfseitige Pyramide mit einer subregulären, deren Grundfläche ein Rhombus ist, kombiniert. Auch hier weicht der Stempel rücksichtlich seiner Grundform von den übrigen Blütenteilen ab.

Die Blüten der Kompositen, der Glockenblumen und der Parnassia können, wie aus ihrem Diagramm ersichtlich, als Ganzes genommen,



56. 57. 58. 59.

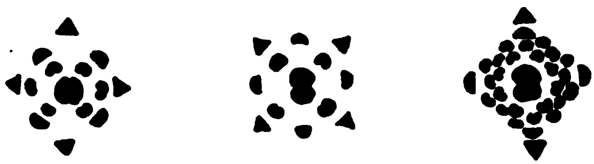
Fig. 56—59. Blütendiagramme.
56. Primel (Primula). 57. Parnassie (Parnassia). 58. Glockenblume (Campanula).
59. Kompositen.

nur durch eine einzige Ebene in symmetrisch gleiche Hälften, die aber nicht kongruent sind, zerlegt werden. Eine Teilung der ganzen Blüte in kongruente Stücke, die Teile von allen Blattkreisen der Blüte enthalten, ist bei diesen Blütenformen nicht möglich. Sie zeigen also keine so reinen Grundformenverhältnisse, wie die Blüte der Primeln.

Fig. 60 zeigt uns das Diagramm einer Kruciferenblüte. Hier sehen wir vier Kelchblätter, die aber auf zwei Kreise verteilt sind, während die vier Kronenblätter nur einen Kreis bilden. Die sechs Staubgefässe der Kruciferenblüte bilden zwei Kreise, einen äusseren von zwei kurzen und einen inneren von vier langen Staubgefässen. Der Stempel ist zweiteilig. Auch hier haben wir es mit einer Kombination verschiedener Grundformen zu thun. Der Kelch bildet eine subreguläre Pyramide mit rhombischer Grundfläche, die Blumenkrone eine reguläre vierseitige Pyramide. Die Grundform des äusseren Staubblattkreises ist wieder eine subreguläre Pyramide mit rhombischer Grundfläche, die des inneren eine reguläre vierseitige. Die Grundform des Stempels gleicht der des äusseren Staubblattkreises. Die ganze Blüte hat zwei Symmetrieebenen, die auch Kongruenzebenen sind.

In der Blüte der Plantagineen (Fig. 61) bilden der vierteilige Kelch, die vierteilige Blumenkrone und der vierteilige Staubblattkreis je eine reguläre vierseitige Pyramide, und diese drei Pyramiden zusammen machen gleichfalls die Grundform einer vierseitigen regulären Pyramide aus, während der Stempel die Grundform einer subregulären Pyramide mit rhombischer Grundfläche hat. Die Anzahl der Symmetrieebenen der ganzen Blüte beträgt auch hier zwei.

Beim Schöllkraut, dessen Diagramm wir in Fig. 62 sehen, bilden der zweiteilige Kelch und die vierteilige Blumenkrone je eine subreguläre

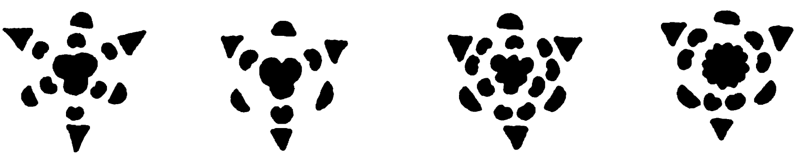


60. 61. 62.

Fig. 60—62. Blütendiagramme.
60. Kruciferen. 61. Plantagineen. 62. Schöllkraut (Chelidonium).

Pyramide mit rhombischer Grundform, und beide Pyramiden zusammen bilden gleichfalls eine solche Pyramide. Dagegen stellt der aus 24 Stücken bestehende Kreis der Staubgefässe, der eigentlich aus drei Kreisen von je acht Staubgefässen besteht, eine reguläre achtseitige Pyramide dar, und der Stempel hat auch hier die Form einer subregulären Rhomben-Pyramide. Zwei ist die Anzahl der Symmetrieebenen der Schöllkrautblüte.

In dem Diagramm der Liliaceenblüte (Fig. 63) haben wir es mit einer regulären dreiseitigen Pyramide zu thun. Dasselbe gilt im grossen und

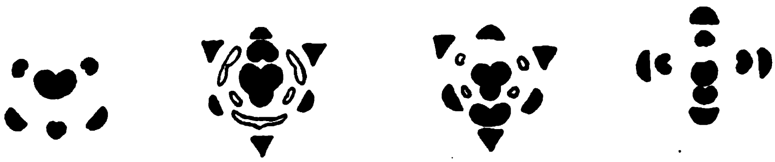


63. 64. 65. 66.

Fig. 63—67. Blütendiagramme.
63. Liliaceen. 64. Iris. 65. Butomus. 66. Alisma.

ganzen von den Blüten von Iris (Fig. 64), Butomus (Fig. 65) und Alisma (Fig. 66), obwohl die Blüten dieser drei Pflanzengattungen voneinander und von der der Liliaceen in gewissen Beziehungen abweichen. Die Liliaceenblüte hat sechs Staubgefässe, die von Iris dagegen nur drei. Butomus hat neun Staubgefässe, und Alisma sechs; diese sind aber anders angeordnet, als die Staubgefässe der Liliaceen. Während die letzteren und Iris einen dreiteiligen Stempel haben, hat Butomus einen sechs-, Alisma einen zwölfteiligen. Aber durch alle diese Unterschiede wird die Hauptgrundform der regulären dreiseitigen Pyramide bei keiner der genannten Blütenformen gestört.

Das Diagramm in Fig. 67 gilt für die Blüten der meisten Gräser (Gramineen). Die der ganzen Blüte zu Grunde liegende Form hat nur eine Symmetrieebene, die keine Kongruenzebene ist. Dasselbe gilt von den Blüten, deren Diagramme in den folgenden drei Figuren (68—70) dargestellt sind, obwohl sich diese Blüten voneinander und von denen der Gräser auffällig unterscheiden.

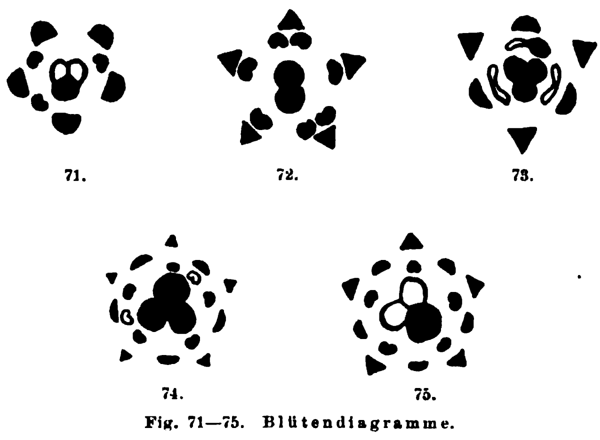


67. 68. 69. 70.

Fig. 67—70. Blütendiagramme.

67. Meiste Gramineen. 68. Hedychium. 69. Orchideen. 70. Gymnostachys.

Die letzten fünf Figuren (71—75) sind Diagramme von Blüten, die, wie aus den Figuren hervorgeht, mehr oder weniger unsymmetrisch sind. Bei Valeriana (Fig. 72) offenbart sich die Abweichung von der Symmetrie im Diagramm an der Verteilung der Staubgefässe. Für Scleranthus gilt dasselbe, ebenso für die Cannaceen und Aesculus. Im Diagramm von Rhus zeigt sich der Stempel unsymmetrisch gebaut.



71. 72. 73. 74. 75.

Fig. 71—75. Blütendiagramme.

71. Scleranthus. 72. Valeriana. 73. Cannaceen. 74. Aesculus. 75. Rhus.

Unsere Blüten-Diagramme sollen uns zeigen, dass die Grundformenverhältnisse der Organismen nicht so einfach sind, wie es nach der von uns gegebenen Übersicht der Grundformen scheinen könnte. Sie lehren uns ausserdem die Thatsache, dass es bei der Feststellung der Grundform eines Organismus oder eines Organismenteiles nicht so sehr auf die Anzahl seiner Konstituenten, als vielmehr auf die der Kongruenz- und namentlich der Symmetrieebenen ankommt. Die Frage, ob eine Form durchaus dreiteilig ist, wie die Blüte von

Iris, oder fünfteilig, wie die der Primel, ist weniger wichtig, als die nach der Anzahl ihrer Kongruenz- und Symmetrieebenen. Das Wesen der Grundform besteht sowohl bei der Primel- als auch bei der Irisblüte vor allem darin, dass beide durchaus regulär-pyramidal sind. Dass das Wesen der Grundform in ihren Symmetrieverhältnissen besteht, zeigt sich bei Organismenformen, die abnormer Weise eine grössere oder geringere Anzahl gleichwertiger Körperstücke haben, als es normalerweise der Fall ist. So z. B. kommt die Ohrenqualle (Aurelia aurita), die in der Regel die Grundform einer vierseitigen regulären Pyramide hat, auch in drei-, fünf-, sechs- und siebenteiligen Exemplaren vor, die aber alle die Grundform einer regulären Pyramide haben, die eben in dem Bau der Ohrenqualle begründet ist, einerlei, aus wie vielen gleichwertigen Körperstücken ein Individuum besteht. Zu demselben Ergebnis gelangen wir, wenn wir abnorme Pflanzenblüten mit den normalen Blüten ihrer Art vergleichen. Bei den Glockenblumen (Campanula) ist die Blüte, abgesehen von dem Stempel, fünfteilig und besitzt die Grundform einer regulären Pyramide. Es kommen aber auch bei Glockenblumen vierteilige Blüten vor, ferner sechsteilige und solche mit einer noch grösseren Anzahl gleichwertiger Teile, die sowohl für den Kelch als auch für die Blumenkrone und die Staubgefässe bis auf etwa zwanzig steigen kann. Aber die Regularität der Blüte wird auch in den meisten von diesen Fällen bewahrt. Die Anzahl der gleichwertigen Teile eines Organismus spielt eben nicht die Hauptrolle in dessen Grundformenverhältnissen. Bei diesen handelt es sich vielmehr um die Frage, ob die Grundform zu der einen oder der anderen unserer Hauptabteilungen gehört.

Sehr einfach zusammengesetzte Organismen können dieselbe Grundform haben wie sehr komplicierte. Die zweiseitig-symmetrische Form finden wir z. B. nicht bloss bei vielen ausgewachsenen Tieren, die sehr kompliciert sein können, sondern auch bei vielen, vielleicht bei allen, Eiern zweiseitig-symmetrischer Tiere. Ein Ei ist aber weiter nichts als ein Protoplasmatröpfchen mit einem Kern. Unter den Urtieren finden wir fast alle Grundformen, die überhaupt bei Tieren möglich sind. Es kommt für die Grundform nicht darauf an, aus wie viel verschiedenartigen Konstituenten ein Organismus besteht, sondern darauf, welche Symmetrieverhältnisse er zeigt. Die Klassifikation der Organismen nach den Grundformen muss also anders ausfallen, als die nach ihrer Zusammensetzung. Wir können aber auch ein System der Organismen aufstellen, in welchem sowohl die Zusammensetzung als auch die Grundformenverhältnisse gleichmässig berücksichtigt sind, und dieses System ist, wie wir später sehen werden, von hervorragender Bedeutung für die Entwickelungsmechanik. Wir wollen im nächsten Abschnitt untersuchen, worauf es dabei ankommt.

Die Gegenstände, mit denen sich der vorstehende Abschnitt beschäftigte, sind trotz ihrer Wichtigkeit, die freilich erst im nächsten Abschnitt und in den folgenden Teilen unseres Buches ins rechte Licht gesetzt werden kann, von der Wissenschaft in auffälliger Weise vernachlässigt worden. Sehr eingehend hat sie Haeckel im ersten Bande seiner „Generellen Morphologie“ (Berlin 1866) behandelt. Er teilte die Biologie in Anatomie und Entwickelungsgeschichte ein und unterschied in der allgemeinen Anatomie der Organismen die Tektologie oder Individualitätslehre und die Promorphologie oder Grundformenlehre.

Nach den Veränderungen, die Haeckel später mit der Tektologie vorgenommen hat (vergl. insbesondere Haeckel, „Über die Individualität des Thierkörpers“, Jenaische Zeitschr. f. Naturwissenschaft, Bd. XII, N. F. Bd. V, 1878) unterschied er vier Hauptstufen der tierischen Individualität, 1) Plastiden, 2) Idorgane, 3) Personen, 4) Stöcke. Die Plastiden zerfallen in Cytoden und Zellen. Als zwei Hauptgruppen von Idorganen sind nach Haeckel „Homoeorgane und Alloeorgane zu unterscheiden. Homoeorgane oder homoplastische Organe sind solche, welche nur aus einer Plastidenart bestehen (gleichartige Plastiden-Aggregate oder Plastiden-Fusionen). Alloeorgane oder alloplastische Organe hingegen sind solche, welche aus zwei oder mehreren Arten von Plastiden zusammengesetzt sind“. Wie die Plastiden nach Haeckel die Bausteine der Idorgane sind, so sind die Idorgane nach ihm die Konstituenten der Personen. Die wichtigsten der Haeckelschen Idorgane sind die Metameren und Parameren. Unter Metameren versteht Haeckel z. B. die einzelnen den Wirbeln entsprechenden Querscheiben des Leibes, die den Körper der Wirbeltiere zusammensetzen, unter Parameren z. B. die vier Quadranten des Körpers einer Ohrenqualle (Aurelia aurita). Jedes Paramer ist nach Haeckel aus zwei Gegenstücken oder Antimeren zusammengesetzt. Aus zwei Antimeren besteht auch z. B. der Körper des Menschen; er entspricht also einem Paramer. Von Metameren, Antimeren und Parameren spricht Haeckel nur bei Personen, und von Personen nur bei den von ihm so benannten Metazoen oder Darmtieren, die im Gegensatze zu den Protozoen oder Urtieren aus mindestens zwei verschiedenen Schichten von Zellen bestehen, deren innerste den Magenhohlraum umschliesst. Einen Magen oder Darm haben nach Haeckel nur die Metazoen. Er ist neben der Zusammensetzung aus verschiedenen Zellschichten das Charakteristikum der Person. Metameren, Parameren und Antimeren kommen dagegen nicht bei allen Personen vor. Die Personen sind die Konstituenten der Haeckelschen Stöcke.

Eine Kritik der Haeckelschen Tektologie, die neben „morphologischen“ auch „physiologische“ Individuen unterscheidet, ergiebt sich aus unserem Buche von selbst.

Ausserordentlich weit ausgebaut ist die Haeckelsche Promorphologie. Wenn es ihr nicht gelungen ist, viele Forscher zur Beschäftigung mit promorphologischen Fragen anzuregen, so mag das an den vielen Kategorieen Haeckelscher Grundformen und deren zahlreichen griechischen Namen liegen. Sie ist trotzdem leicht verständlich für jeden, der an Formen Interesse nimmt, und es ist schwer zu begreifen, dass sie und die Tektologie so wenig Sympathieen zu erregen wussten. Man sollte meinen, die Erkenntnis, dass die Zusammensetzung des Körpers und die Symmetrie seiner Teile das wesentlichste an der Organismenform ist, sei unter den Biologen längst allgemein geworden. Das ist aber keineswegs der Fall. Während die Mineralogen ohne Ausnahme die Erkenntnis gewonnen haben, dass die chemische Zusammensetzung der Mineralien und die Symmetrie ihrer Krystallformen das Hauptobjekt ihrer Wissenschaft ist, giebt es noch viele Biologen, deren Werke nichts von einer dieser Erkenntnis entsprechenden Einsicht verraten. Ein in dem oben citierten Aufsatz Haeckels enthaltener Ausspruch gilt auch noch heute, und nicht bloss für die meisten Zoologen, sondern auch für die meisten Botaniker.

Haeckel weist darauf hin, „wie wenig die meisten Zoologen der Gegenwart, durch die konkrete Beobachtung der reichen Erscheinungswelt gefesselt, zu solchen abstrakten Reflexionen geneigt sind. Auf der anderen Seite aber dürfen sich diese letzteren mit um so grösseren Rechte geltend machen, je weniger sich die nackte Empirie fähig zeigt, die wichtige philosophische Aufgabe, welche hier vorliegt, zu bewältigen. Ein Blick in die bekanntesten Lehr- und Handbücher genügt, um sich davon zu überzeugen. Da werden bald die Zellen, bald die Organe, bald die Personen, bald die Stöcke als die ‚eigentlichen Individuen' aufgeführt; und dann wird wieder gezeigt, wie ein solches ‚eigentliches Individuum' aus zahlreichen ‚eigentlichen Individuen' zusammengesetzt ist. Wir brauchen bloss an die verschiedene Auffassung zu erinnern, welche das ‚eigentliche Individuum' in den Gruppen der Spongien, Korallen, Siphonophoren, Cestoden, Bryozoen u. s. w. erfahren hat. Die auffallenden Widersprüche, welche darüber auch heute noch fortbestehen, werden nimmermehr durch neue ‚exakte Beobachtungen' gelöst werden, sondern nur durch umsichtige Reflexion, welche das Wesentliche in den mannigfaltigen Erscheinungen von dem Zufälligen scheidet und vor allem den tektologischen Grundbegriffen einen klaren Inhalt und festen Umfang giebt."

7. Der Formenwert der Organismen.

Nicht alle, aber doch viele Biologen haben es gelernt, den Formenwert oder die Organisationshöhe der Organismen scharf von dem Grade der Harmonie des Organismus mit seiner Umgebung zu sondern. Je grösser dieser ist, desto gesicherter ist die Fortexistenz des Organismus in der Umgebung, in welcher er lebt. Das kann aber schon bei den allerniedersten Organismen der Fall sein. In der That unterscheiden sich höhere und niedere Organismenformen durchschnittlich nicht in Bezug auf die Harmonie ihrer Organisation mit der Umgebung. Es sind zwar verschiedene Grade solcher Harmonie zu unterscheiden, aber gleichgradige Harmonie mit der Umgebung findet sich oft bei sehr verschiedenen Organismenformen und ungleichgradige oft bei solchen, die in Bezug auf alle Eigentümlichkeiten ihrer Organisation einander sehr nahe stehen. Mit der Organisationshöhe, oder, wie wir uns kürzer ausdrücken können, mit dem Formenwert hat also die Harmonie mit der Umgebung und die Erhaltungsmässigkeit nichts zu thun. Eine Amoebe kann viel besser in ihre Umgebung hineinpassen, als etwa ein hochentwickeltes Säugetier in seine. Dagegen steht dieses auf einer viel höheren Formenwertstufe. Was nun unter Formenwert zu verstehen ist, wird aus folgender Überlegung hervorgehen.

Ein Maassstab für den Formenwert des Organismus ist zunächst seine Grösse. Je grösser ceteris paribus ein Organismus ist, auf einer desto höheren Formenwertstufe steht er. Denn es ist klar, dass wir es bei sonst gleicher Beschaffenheit zweier Organismen dort mit dem in Bezug auf den Formenwert höher stehenden zu thun haben, wo eine grössere Menge von Substanz dem Organismus einverleibt, d. h.

organisiert ist. Hier hat die Organisationsarbeit Grösseres geleistet, als bei einem Organismus, der sich durch weiter nichts als durch seine geringere Grösse von jenem unterscheidet.

Wenn wir aber die Organismen zunächst nach ihrer Grösse klassificieren, so finden wir, dass gleich grosse Organismen oft eine verschiedene Zusammensetzung haben, und verschieden grosse oft eine gleiche. Die Klassifikation nach der Grösse genügt also an und für sich noch nicht dazu, ein System der Organismen nach ihrem Formenwerte aufzustellen, sondern es muss auch gefragt worden, wie sich die Zusammensetzung des Organismus aus seinen Konstituenten zu seiner Grösse verhält.

In Bezug auf die Zusammensetzung steht offenbar derjenige Organismus höher, der in einem gleichen Volumen eine reichere Anzahl von verschiedenen Konstituentenarten aufweist, als ein anderer. Haben wir zwei gleichgrosse Organismen vor uns, so hat derjenige mehr Organisation, dessen Konstituenten sich auf eine grössere Anzahl verschiedener Konstituentenarten verteilen. Das Wesen des Organismus besteht ja darin, dass er, wie sein Name sagt, Organe hat. Diese Organe sind die Leistungen einer Entwickelungsarbeit. Wo die Anzahl der verschiedenen Organarten gering ist, da ist die Organisation nicht so weit durchgeführt, hat die Entwickelungsarbeit nicht so viel geleistet, wie dort, wo jene hoch ist. Deshalb sind gewisse einkernige Infusorien, die aus einer beträchtlichen Anzahl verschiedener Organe bestehen, höher organisiert, als manche vielkernige Tiere, deren Zellen sich nicht oder nur wenig voneinander unterscheiden.

Es kann nun die Frage entstehen, ob ein Organismus, der eine bestimmte Anzahl verschiedener Konstituentenarten besitzt, niedriger oder höher steht als ein Organismus, der zwar eine grössere Anzahl von Konstituentenarten aufweist, aber auch ein grösseres Volumen als jener hat. Für solche Fälle gilt folgende Überlegung: Die Leistung der Organisationsarbeit, oder, wie wir kürzer sagen können, die Organisationsleistung in einem gegebenen Raume ist, wie wir gesehen haben, desto grösser, je grösser die Anzahl der verschiedenen Konstituentenarten in diesem Raume ist. Wenn es sich also darum handelt, zwei ungleichgrosse Organismen bezüglich ihres Formenwertes miteinander zu vergleichen, so haben wir sie durch Rechnung auf ein gleiches Volumen, am besten auf das von 100 Volumeneinheiten, zu bringen und dann bei jedem den durchschnittlichen Anteil zu messen, den jede ihrer verschiedenen Konstituentenarten, z. B. die Muskelmasse oder die Nervenmasse, an den 100 Volumeneinheiten hat, und darauf die dadurch gewonnenen Quotienten untereinander zu vergleichen. Die beiden Organismen sind ceteris paribus gleichwertig, wenn diese gleich gross, und verschiedenwertig, wenn sie verschieden gross sind, und

zwar steht derjenige Organismus auf der höheren Stufe, der den kleineren Quotienten aufweist, denn bei ihm sind die 100 Volumeneinheiten auf eine grössere Anzahl von Konstituentenarten verteilt. Die Organisationsleistung ist bei ihm eine höhere, weil in seinem Volumen mehr organisiert ist, als in dem des anderen Organismus.

Ein Vergleich mag unser Ergebnis erläutern: Ein Theatersaal, in welchem wir lauter gleiche Stühle oder Bänke antreffen, ist offenbar nicht so reich möbliert, wie etwa ein Studierzimmer mit Schreib- und Sofatisch, Sofa, Lehnsessel, Schreibtischstuhl und gewöhnlichen Stühlen, mit Bücherschrank und Papierkorb.

Zur Beurteilung der Formenwerte verschiedener Organismen ist aber noch folgende Erwägung von Wichtigkeit. Es genügt nicht, dass wir z. B. feststellen, wie gross der Volumenquotient der Muskelmasse, der der Nerven- und Knochenmasse sowie der jeder der anderen Substanzen eines Tieres, und wie gross der Durchschnitt dieser Quotienten ist, um die Organisationshöhe des betreffenden Tieres festzustellen, sondern es kommt auch darauf an, in welcher Weise diese verschiedenen Substanzen, also darauf, wie seine Organsysteme im Körper angeordnet sind, ob sie z. B. einheitliche Massen darstellen, oder ob sie sich auf viele Konstituenten des Körpers verteilen. Wir können uns einen Organismus vorstellen, bei dem diese Verteilung eine derartige ist, dass er aus Konstituenten besteht, deren jeder seinen Anteil an Muskelmasse, Nervenmasse, Skelettmasse und sonstigen Substanzen hat. Solches finden wir z. B. bei manchen stockbildenden Steinkorallen, wo jeder Polyp dieselbe Organisation besitzt wie jeder andere. Wir können uns ferner einen Organismus vorstellen, bei dem die verschiedenen Stoffe, die ihn zusammensetzen, innig durcheinander gemengt, also noch gleichmässiger verteilt sind, als die Baustoffe einer stockbildenden Steinkoralle. In einem solchen Organismus würden wir einen formlosen Brei vor uns haben, und wir würden nicht geneigt sein, jenen als besonders hoch organisiert anzusehen. Viel höher organisiert würde uns ein Organismus dünken, bei dem die verschiedenen Substanzen einheitlichere Massen darstellen, wo sie voneinander gesondert und nicht innig vermengt sind. Verfolgen wir den Gedankengang, der uns durch diesen Vergleich aufgenötigt ist, weiter, so gelangen wir zu dem Ergebnis, dass derjenige von zwei oder mehr gleichgrossen Organismen auf der höchsten Formstufe steht, der einerseits die grösste Vereinheitlichung seines Baues, anderseits die grösste Anzahl verschiedener Organarten aufweist. Wo die Konstituenten ersten Grades, z. B. die beiden Paronten, aus denen sich der Wirbeltierkörper, oder die Paronten, aus denen sich eine Blüte zusammensetzt, untereinander die grösste Verschiedenartigkeit zeigen, so dass gewissermaassen der eine Konstituent nicht für für den anderen eintreten kann, und wo die

Konstituenten ersten Grades ihrerseits wieder aus Konstituenten zusammengesetzt sind, die die grösste Verschiedenartigkeit untereinander zeigen, wo endlich diese Verschiedenheit der Konstituenten jeden Grades bis ins kleinste hineingeht, da haben wir es unter gleich grossen Organismen mit dem in Bezug auf seinen Formenwert am höchsten stehenden zu thun. An ihm hat die Organisationsarbeit das meiste geleistet.

Die Verschiedenheit der Konstituenten eines bestimmt geformten Organismus ist ceteris paribus desto grösser, je geringer die Anzahl seiner Kongruenz- und Symmetrieebenen ist. Desto grösser ist also auch sein Formenwert. Es gehört eben mehr Organisationsarbeit dazu, ein kompliciertes aber gleichwohl einheitliches Gebilde zu formen, in welchem sich dieselbe Organisation nicht derart wiederholt, dass wir unendlich viele oder wenigstens zahlreiche Kongruenz- und Symmetrieebenen hindurch legen können, als einen Mechanismus herzustellen, dessen Teile wohl zusammenhängen, aber so angeordnet sind, dass er zahlreiche Kongruenz- und Symmetrieebenen besitzt. In letzterem Falle haben wir ein Gebilde vor uns, das eine Wiederholung derselben Organisation in verschiedenen Körperteilen zeigt, die im ersteren nicht vorhanden ist. In jenem Falle ist es gelungen, zahlreiche Teile zu einem einheitlichen Ganzen zu vereinigen.

Die Abstufung der Hauptgrundformen der Organismen nach ihrem Formenwert zeigt die folgende Tabelle:

	Kongruenzebenen + Symmetrieebenen.
Kugel:	$\infty\infty + \infty\infty$,
Ellipsoid:	$1\,(\infty + 1) + 1\,(\infty + 1)$,
Ovoid:	$1\,(\infty + 0) + 1\,(\infty + 0)$,
Hypellipsoid:	$(1 + 1 + 1) + (1 + 1 + 1)$,
Hypovoid:	$(1 + 1) + (1 + 1)$,
Zygoid:	$0 + 1$,
Hypozygoid:	$0 + 0$.

Aus dieser Tabelle ersehen wir an den uns ihrer Bedeutung nach bekannten Formeln für die Grundformen, dass die Anzahl von deren Kongruenz- und Symmetrieebenen desto geringer wird, je mehr wir uns von der Kugel entfernen. Desto mehr steigt also der Formenwert. Auf der höchsten Stufe des Formenwerts steht derjenige bestimmt gestaltete Organismus, der ceteris paribus weder Kongruenz- noch Symmetrieebenen besitzt. Ganz allgemein gesprochen würde derjenige Organismus den grössten Formenwert haben, der die grösstmögliche Anzahl verschiedener Konstituentenarten mit der kleinstmöglichen Anzahl von Konstituenten verbindet, d. h. bei dem die Anzahl der Konstituenten gleich der der Konstituentenarten ist, und diese ein Maximum erreicht hat.

Dieses Ergebnis, zu welchem notwendigerweise jeder gelangen muss, der sich in die komplicierten Verhältnisse der Organismenformen hineindenkt, ermöglicht es uns, manche Irrtümer zu berichtigen, die sich in unsere Wissenschaft eingeschlichen haben. Dahin gehört z. B. die Behauptung, dass die Infusorien alle auf tieferer Formenwertstufe ständen, als irgend ein Tier, das aus mehr als einer Zelle besteht. Die Infusorien haben häufig nur einen einzigen Kern, weshalb man sie zu den sogenannten Protozoen oder Urtieren stellt, von denen man sagt, dass sie entweder nur den Formenwert einer einzigen Zelle besässen oder aus einem Komplexe von gleichartigen Zellen beständen. Sicher ist es zwar, dass sehr viele sogenannte Metazoen oder Darmtiere, zu denen man mit Ausnahme der Urtiere und einiger zweifelhafter Formen alle andern Tiere stellt, auf einer viel höheren Entwickelungsstufe stehen als die höchst organisierten Infusorien. Aber ebenso sicher ist es auch, dass viele der letzteren einen höheren Formenwert haben, als manche Darmtiere, z. B. als die meisten Schwämme und manche Hydroidpolypen. Während die Schwämme entweder nur schwankende Formenverhältnisse zeigen oder eine unendlich grosse Anzahl von Kongruenz- und Symmetrieebenen haben, und während die Anzahl der Kongruenz- und Symmetrieebenen bei den meisten Hydroidpolypen eine sehr beträchtliche ist, hat z. B. der zu den Infusorien gehörige Stentor, den wir in Fig. 76 sehen, keine Kongruenz- und nicht einmal eine Symmetrieebene, obwohl seine Form eine wenig veränderliche, nur geringen Schwankungen unterworfene ist. Auch dieses Infusorium besteht, gleich den Schwämmen und Hydroidpolypen, aus mehr als einer Körperschicht, nämlich aus einer festeren Aussenschicht und einer weicheren Innenmasse. Es hat ferner eine an einer bestimmten Stelle stehende pulsierende Vakuole, eine Blase, die in regelmässig-periodischer Zusammenziehung und Wiederausdehnung Flüssigkeit nach aussen entleert und aus dem Körper des Tieres aufnimmt. Diese Vakuole dient wahrscheinlich dazu, eine Durchströmung des Körpers mit sauerstoffreichem Wasser zu

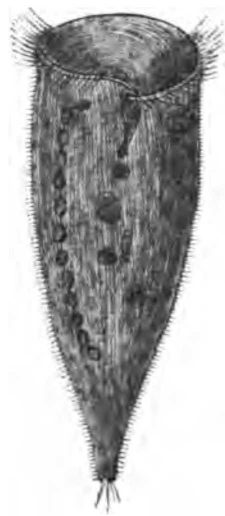


Fig. 76. Stentor coeruleus (nach Gruber).

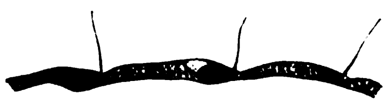
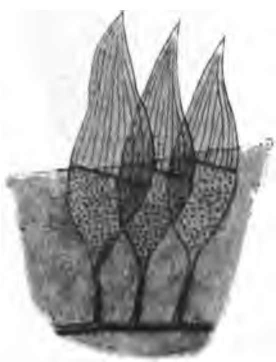
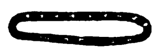


Fig. 77. Querschnitt durch drei Muskelfasern und zwei Zwischenstreifen von Stentor coeruleus (nach Gruber).

unterhalten und unbrauchbare und wohl auch schädliche in Wasser lösbare Stoffwechselprodukte aus dem Körper zu entfernen. Ausserdem besitzt der Stentor einen grossen perlschnurförmigen Zellkern nebst einem sogenannten Nebenkern. An seiner Oberfläche zeigt das Tier eine Anzahl mehr oder weniger paralleler rippenartiger Streifen, die teils der Länge nach verlaufen, teils eine Spirale bilden und durch blaue Färbung ausgezeichnet sind. Diese Rippen werden durch sogenannte Zwischenstreifen voneinander getrennt. Im Grunde der Zwischenstreifen liegen feine Muskelfasern, mit deren Hilfe der Stentor seinen Körper stark verkürzen kann. Diese Muskelfasern sind gleich denen der höheren Tiere quergestreift, d. h. aus verschiedenartigen Scheibchen zusammengesetzt. Den Muskelfasern parallel läuft eine Reihe von Insertionspunkten der feinen sogenannten Wimpern, haarähnlicher Gebilde, mit denen der Körper bedeckt ist. In Fig. 77



78.



79.



80.

Fig. 78—80. Organe von Stentor coeruleus (nach Gruber).
78. Drei Membranellen. 79. Querschnitt durch eine Membranelle. 80. Längsschnitt durch eine Membranelle.

sehen wir einen Querschnitt durch drei Muskelfasern und zwei Zwischenstreifen; auf diesen stehen drei Wimperhaare. Das Vorderende des Stentor, das annähernd scheiben- bis trichterförmig ist und eine spiralige Anordnung der Rippen aufweist, trägt noch andere Organe, grosse starre Wimpern, die aus einzelnen Härchen verschmolzen sind und sogenannte Membranellen, flossenförmige Doppelplatten bilden, in denen sich je zwei aus Wimpern verschmolzene Platten zusammenlegen. Fig. 78 zeigt drei solcher Membranellen, Fig. 79 einen Querschnitt, Fig. 80 einen Längsschnitt durch eine. Jede Membranelle steht mit einer sogenannten Basallamelle, die sich in das Innere des Körpers einsenkt, in Verbindung, und diese Basallamelle läuft in einen Endfaden aus. Die Endfäden sämtlicher Membranellen sind durch die sogenannte Basalfibrille verbunden, die sich unter den Basallamellen hinzieht. Man nimmt an, dass diese den Gang des

wunderbar komplicierten Apparats, wie man sich mit Recht ausgedrückt hat, dass sie die Bewegungen der Membranellen, die Wasser in die im Grunde des Trichters gelegene Mundöffnung des Tieres hineinstrudeln, reguliert, denn wenn man den Membranellenkranz und damit die Basalfibrille an einer beliebigen Stelle durchschneidet, so setzt sich die Bewegung der Membranellen, die sich vorher einer Welle gleich durch den ganzen Wimperkranz hinzog, von der einen nicht auf die andere Seite des Schnittes fort. Die Bewegung der Membranellen ist keine koordinierte mehr, wie man zu sagen pflegt; auf einer Seite des Schnittes geht die Bewegung unabhängig von der auf der anderen vor sich. Von der merkwürdig sinnreichen Weise, auf welche, wie man gesagt hat, der Schlundapparat des Tieres konstruiert ist, giebt Fig. 81 ein Bild. Der Stentor hat also, wie man sich ferner ausgedrückt hat, erstaunlich feine Apparate. Und doch soll dieser so kompliciert gebaute Organismus seinem morphologischen, d. h. seinem Formenwerte nach einer der einfachen Zellen, die zu



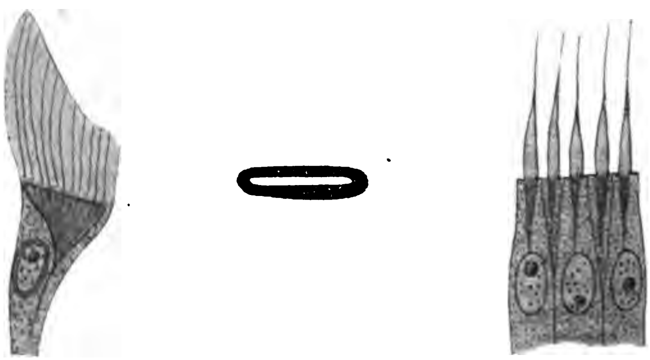
Fig. 81. Schlundapparat von Stentor coeruleus (nach Gruber).

Tausenden, zu Millionen und Milliarden den Körper der höheren Tiere zusammensetzen, entsprechen! Dieser Anschauung vermögen wir nach allem, was wir über Zusammensetzung und Grundformenverhältnisse der Organismen kennen gelernt haben, nicht zu folgen. Der Stentor würde im Gegenteil höher stehen, als ein Tier, das dieselbe Organisation wie er, aber anstatt eines einzigen grossen Kernes deren viele kleine hat, denn in diesem Falle würde eine Wiederholung gleichartiger Gebilde stattfinden, die, wie wir gesehen haben, die Höhe des Formenwertes beeinträchtigt. Insofern, als der hochkompliciert gebaute Stentor, der übrigens schon mit blossem Auge sichtbar ist, nur einen einzigen Kern hat, steht er sogar auf einer sehr hohen Formenstufe.

Dass es ungereimt ist, einem Tiere wie dem Stentor nur deshalb einen niederen Formenwert zuzuschreiben, weil er nur einen einzigen Kern hat, wird uns der Vergleich einer seiner Membranellen mit einer Wimperzelle der Kugelmuschel (Cyclas cornea) zeigen. In Fig. 82 sehen wir eine solche Wimperzelle von der Fläche, in

Fig. 83 deren fünf von der Seite, während Fig. 84 einen Querschnitt durch die Basis einer Wimper der Kugelmuschel darstellt. Wir haben gesehen, dass die Membranellen von Stentor aus zwei Plättchen bestehen, die ihrerseits aus einer Anzahl parallel verwachsener Wimperhärchen zusammengesetzt sind. Auch die Membranellen der Kugelmuschel bestehen aus je zwei Platten, die gleichfalls aus einzelnen miteinander verwachsenen Wimpern aufgebaut sind. Jede Membranelle hat auch hier eine Basallamelle, und ebenso wie bei Stentor läuft auch diese in einen Endfaden aus. Da jede Membranelle der Kugelmuschel nur Teil einer Zelle ist, so wäre der ganze Stentor nach der Anschauung, wonach er nur den Formenwert einer solchen hat, an Wert einer Membranelle der Kugelmuschel kaum gleich zu setzen. Welcher Unbefangene wird wohl dieser Anschauung beipflichten?

Man hat zwar gesagt, dass der Unterschied zwischen einem Infusorium und einem hochorganisierten Tiere kein qualitativer sei. Aber



82. 84. 83.

Fig. 82—84. Organe der Kugelmuschel (Cyclas cornea, nach Gruber).

was dieselbe Qualität, dieselbe Beschaffenheit, dieselben Eigenschaften hat, hat doch wohl auch dieselbe Güte und denselben Wert? Es lässt sich also nicht behaupten, dass ein Stentor keinen höheren Formenwert habe, als etwa eine Knorpelzelle, eine irrtümliche Behauptung, die nur durch die Anschauungen, die sich in der Gefolgschaft der jetzt altersschwachen Zellentheorie unbemerkt in die Wissenschaft eingeschlichen und eine fast unumschränkte Herrschaft an sich gerissen haben, entschuldigt wird. Man wird hier vielleicht einwenden, dass zwar der physiologische Wert des Stentor ein bedeutend grösserer sei, als der physiologische Wert einer einzelnen Zelle eines höheren Organismus, aber wir haben ja gesehen, dass ein Organ mit verwickelter Funktionierung einen entsprechend verwickelten Bau haben muss. Eigentümliche Funktionen sind bloss möglich auf Grund einer eigentümlichen Organisation, einer besonderen morphologischen Gliederung. Der physiologische Wert eines Organs ist also, sofern sich die

Bezeichnung „Wert“ auf den komplicierten Mechanismus von dessen Funktionierung beziehen soll, genau so gross, wie der morphologische Wert des betreffenden Organs. Wir können aber die physiologischen Processe, die sich an einem Organismus vollziehen, völlig beiseite lassen, wenn wir den Formenwert beurteilen wollen. Stellte der Stentor ein unbewegliches System dar, einen starren Bau, der aus Bausteinen von verschiedener Form und Qualität aufgeführt ist, und wäre eine Wimperzelle der Kugelmuschel oder irgend eine Zelle eines andern vielzelligen Tieres gleichfalls ein starres Bauwerk, so würde schwerlich jemand auf den Gedanken kommen, dass beide Gebilde den gleichen Formenwert hätten. Denn der Stentor ist viel komplicierter gebaut als eine Zelle eines vielzelligen Organismus.

Der verwirrende Einfluss, welchen eine missverstandene Zellentheorie auf die Morphologie ausgeübt hat, wird hoffentlich nicht auch auf physiologischem Gebiete grössere Geltung gewinnen. Man darf nicht glauben, durch die Untersuchung von Protozoen und anderen einzelligen Organismen Aufschluss über die Physiologie der höheren Tiere und Pflanzen gewinnen zu können, weil nicht zu vergessen ist, dass eine Muskelzelle, eine Nervenzelle oder irgend eine andere Zelle eines höheren Organismus ein viel einfacheres Gebilde ist als etwa ein Stentor und andere einzellige Organismen, die man hoffentlich nicht über Gebühr heranziehen wird, um durch Experimente, die man mit ihnen anstellt, Aufschluss über die Physiologie der höheren Organismen zu gewinnen. Will man eine sogenannte Cellularphysiologie begründen, so müsste man es umgekehrt machen; man müsste die Physiologie der Zelle bei den höchsten Organismen untersuchen, weil deren Zellen lange nicht so kompliciert sind, wie die der meisten einzelligen Wesen. Wüsste man genaueres über die Physiologie der Muskelzelle, der Nervenzelle und anderer Zellen bei den höheren Tieren, so könnte man daraus Schlüsse auf Organismen ziehen, wie es Stentor, andere Infusorien und die meisten Einzelligen sind. Der quergestreiften Muskelfaser eines höheren Tieres entspricht nicht der ganze Stentor, sondern nur eine von dessen Muskelfasern, die ja gleich der der höheren Tiere quergestreift ist, also wohl auch einen ähnlichen Bau hat. Aber die Muskelfaser der höheren Tiere ist so viel grösser, als die des Stentor, dass sich an ihr viel leichter experimentieren lässt, und dass ihr Bau viel eher festzustellen sein wird, als der einer Muskelfaser von Stentor.

Ihren prägnantesten Ausdruck haben die durch die Zellentheorie in die Wissenschaft hineingelangten falschen Anschauungen durch den Vergleich des aus vielen Zellen zusammengesetzten Organismus mit einem menschlichen Staat gefunden. Die Zellen sollen die Bürger dieses Staates sein, die sich durch Arbeitsteilung in verschiedene Be-

rufsklassen gesondert haben. Ein einzelliger Organismus, wie der von Stentor, soll dagegen nur einem Einsiedler entsprechen, der für sich lebt und zu keiner staatlichen Organisation gehört. Allein es ist verkehrt, zwar den aus vielen Zellen zusammengesetzten Organismus als einen Staat zu bezeichnen, nicht aber den Organismus eines Stentor. Will man das erstere thun, so hat man auch den Organismus eines Stentor mit einem Staat aus zahlreichen Bürgern, die verschiedenen Berufsklassen angehören, zu vergleichen. Diese Bürger sind zwar keine Zellen, sondern nur grössere und kleinere Komplexe von Molekülen, aber ihr Leben, d. h. die physiologischen und entwickelungsmechanischen Processe, die sich an den einzelnen Bürgern vollziehen, sind ihrem Wesen nach keine anderen als die, welche sich in den einzelnen Zellen eines vielzelligen Organismus abspielen. Bei diesen Processen spielt die Kernsubstanz eine bedeutende Rolle; es spielen sich chemische Vorgänge zwischen ihr und den Substanzen ab, aus welchen auf der einen Seite die verschiedenen Zellen eines vielzelligen Organismus, auf der andern die verschiedenen Organe von Stentor bestehen. Nun haben wir es bei Stentor mit einem kleinen Organismus zu thun, d. h. mit einem, in welchem dem Kern die Möglichkeit gegeben ist, chemische Processe mit allen Organen des Stentor zu unterhalten. Der Kern hat ja hier übrigens auch eine perlschnurförmige Gestalt, also eine grosse Oberfläche im Verhältnis zu seinem Volumen, und diese erleichtert ihm seine Aufgabe wesentlich. Die von ihm gelieferten Substanzen haben aber keinen weiten Weg bis zu den Organen des Stentor. Hätte dieser jedoch etwa die Grösse eines Elefanten oder auch nur die eines Menschen, so würde die Entfernung zwischen den etwa an der Oberfläche des Stentor gelegenen Organen nnd seinem Kern eine sehr beträchtliche sein. Man darf hier nicht einwenden, dass sie zwar absolut, aber nicht relativ grösser sein würde, als es bei Stentor in Wirklichkeit der Fall ist. Denn die Atome und Moleküle sind im Körper des Stentor nicht grösser als gleichartige Atome und Moleküle im Körper eines Elefanten oder Menschen. Sollen aber chemische Processe zwischen Molekülen verschiedener Art zustande kommen, so müssen diese einander sehr nahe sein, und das wäre in einem Stentor von der Grösse eines Menschen oder auch nur von der Grösse einer Maus oder gar eines Weizenkornes nicht möglich. Hätte der Stentor auch nur die Grösse des letzteren, so müsste er notwendigerweise zahlreiche Kerne haben. Die Vielkernigkeit mancher Infusorien trägt wahrscheinlich sehr wesentlich zu dem glatten Verlaufe von deren Stoffwechsel bei, und wir erkennen, dass die Vielkernigkeit grösserer Tiere und Pflanzen nur die Bedeutung hat, deren Stoffwechsel zu ermöglichen; denn mit dem Wachstum der Organismen tritt kein Wachstum von Atomen und

Molekülen ein. Den Formenwert der Organismen erhöhen also Vielkernigkeit und Vielzelligkeit nicht; sie drücken ihn im Gegenteil herab. Vergleichen wir die Organismen mit Gasthäusern und, was nahe liegt, ihre Zellkerne mit deren Küchen, so gehört Stentor zu den Gasthäusern mit Centralküchen, während die Vielkernigen Gasthäuser mit Kochöfen in den Wohnzimmern sein würden. Welche dieser beiden Gruppen von Gasthäusern würde nun die höher stehende sein? Doch wohl die erstere!

. Mit diesen Ausführungen wollen wir nicht bestreiten, dass die Zellentheorie die allergrössten Verdienste um unsere Wissenschaft gehabt habe; aber gleich manchen anderen Theorien steht sie gegenwärtig auf einem Entwickelungsstadium, das sie daran mahnen sollte, in Ehren von dem Schauplatze ihrer Thätigkeit abzutreten und der wohlverdienten Ruhe zu pflegen.

Ein anderer Irrtum, der sich in die Wissenschaft eingeschlichen hat, ist der, dass die Tierstöcke, wie wir sie bei den Korallen, Hydroidpolypen, Schwämmen und etlichen anderen Tiergruppen finden, auf einer höheren Formenstufe ständen, als alle tierischen Personen, z. B. als die Individuen der Wirbel-, Glieder- und Weichtiere. Ein Stock kann auf einer höheren Formenstufe stehen, als eine Person. Das thut er aber nur da, wo die Voraussetzungen, die ihn einer höheren Formenstufe zuweisen würden, zutreffen, d. h. wo in dem Volumen, welches er einnimmt, wirklich eine grössere Organisationsarbeit vollzogen ist, als in dem der Person, die man mit ihm in Bezug auf die Formenwertigkeit vergleicht. Wo dieses nicht zutrifft, wo, wie z. B. bei den Stöcken der Schwämme, nur verhältnismässig wenig Organisationsarbeit geleistet worden ist, da ist der Formenwert des Stockes auch nur ein verhältnismässig geringer. Gross ist er dagegen z. B. bei manchen Siphonophoren- oder Schwimmpolypenarten, deren Vertreter sich durch hohe Einheitlichkeit der Organisation auszeichnen. Obwohl die Stöcke bei solchen Tieren aus vielen Personen zusammengesetzt sind, sind diese doch höchst ungleich unter sich und haben oft keinen höheren Formenwert, als Organe bei Personen anderer Tiere. Übrigens darf man nicht, wie es gewöhnlich geschieht, bloss bei den Metazoen oder Darmtieren nach Stöcken suchen. Solche kommen vielmehr auch bei den Protozoen oder Urtieren vor. Dass man sie hier gewöhnlich nicht als Stöcke bezeichnet, kommt von den Anschauungen, die durch die Zellentheorie geläufig geworden, aber, wie wir erkannt haben, unhaltbar sind. Indem man z. B. die Konstituenten erster Ordnung eines Infusorienstockes, wie wir ihn in Fig. 85 vor uns haben, mit einkernigen Zellen anderer Tiere verglich, kam man zu der Anschauung, dass ein solcher Infusorienstock nur den Formenwert eines aus gleichartigen Zellen zusammengesetzten

Organes beanspruchen könne und nicht einmal den Formenwert einer Person habe, geschweige den eines aus Personen zusammengesetzten Stockes, dass er z. B. tiefer stände als ein Kalkschwammstock, wie er in Fig. 85 abgebildet ist, obwohl dieser viel einfacher organisiert ist, als eine Person des daneben stehenden Infusorienstockes. Auf Grund der Ergebnisse unserer Untersuchungen über den Wert der Organismenformen können wir uns diesen Anschauungen nicht anschliessen, sondern müssen unsere Beurteilung des Wertes irgend einer Tierform, sei diese nun ein sogenannter Stock, eine Person, eine Zelle oder ein aus gleichen Zellen zusammengesetztes Individuum, von einer genauen Untersuchung ihrer Zusammensetzung aus untergeordneten Konstituenten abhängig sein lassen.

Eine befriedigende Systematik der Organismenformen nach ihrer Wertigkeit wird erst möglich sein, wenn die Anschauungen, die wir



85.



86.

Fig. 85—86. Tierstöcke.

85. Teil eines Infusorienstockes (Epistylis umbellaria, frei nach Greef). 86. Kalkschwammstock (Ascyssa acufera, nach Haeckel).

in diesem Kapitel entwickelt haben, weite Verbreitung erlangt und in Fleisch und Blut der Wissenschaft übergegangen sein werden.

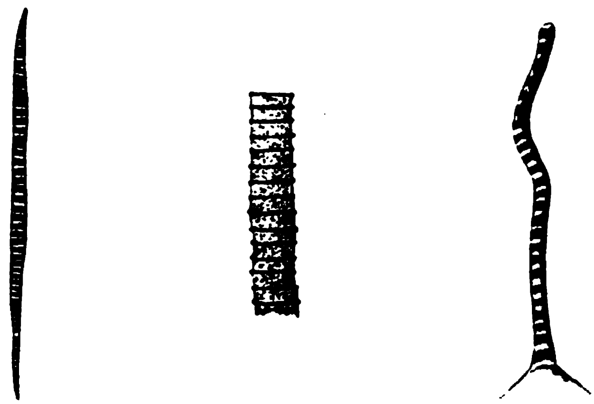
Die Anschauungen, die wir im vorstehenden Abschnitt zu bekämpfen hatten, sind typisch für die heutige Biologie, was aber nichts gegen ihre Falschheit beweist. Wir wählten als besonderes Beispiel Stentor, weil ein Vertreter der landläufigen Anschauungen, Gruber, in einer eingehenden Besprechung gerade seiner Organisation, die wir deshalb unserer Schilderung zu Grunde gelegt haben, die falschen Anschauungen über den Formenwert einzelliger Tiere fast genau mit den von uns angeführten Worten zum Ausdruck gebracht hat (vergl. A. Gruber, „Mikroskopische Vivisektion“, Berichte d. naturf. Gesellsch. zu Freiburg i. B. Bd. VII).

Was wir über den Formenwert zu sagen hatten, ist bisher in der von uns gegebenen Präcisierung noch nicht vorgebracht worden, wie denn solche kritischen Untersuchungen dem Ideenkreise der meisten Biologen fern liegen. Sie sind aber eine der Voraussetzungen der Entwickelungsmechanik.

8. Die Zünftigkeit der Organismenformen.

Die populäre Systematik der Organismen lässt sich von deren äusserer Formähnlichkeit leiten. Dabei giebt sie besonders auf das acht, was wir Formenzünftigkeit nennen können. Als Organe gleicher Zunft wären z. B. die Muskeln oder die Nerven der Tiere, oder deren Skelette, oder auch die Flügel der fliegenden Tiere, die Flossen der schwimmenden zu bezeichnen, ferner die Nektarien oder die Klettereinrichtungen bei Pflanzen, oder die Apparate, die es Pflanzensamen ermöglichen, eine Zeitlang in der Luft zu schweben. Als ganze Organismen gleicher Zunft könnten wir die fliegenden Tiere, oder die Wassertiere, oder die Wüstenpflanzen, oder die sogenannten fleischfressenden betrachten.

Die Entwickelungsmechanik hat auf die Formenzünftigkeit gebührende Rücksicht zu nehmen, weil sie die Frage zu lösen hat, auf



87. 88. 89.

Fig. 87—89. Quergestreifte Muskelfasern.
87. Muskelfaser aus einer Epithelmuskelzelle einer Meduse (frei nach R. Hertwig). 88. Teil einer Muskelfaser von Stentor (nach Gruber). 89. Geissel von Noctiluca (frei nach R. Hertwig).

welche Weise Organe mit bestimmter Verrichtung und Tiere und Pflanzen, deren Eigentümlichkeiten sie einer besonderen Formenzunft zuweisen, entstanden sind. Sie hat ihre Aufmerksamkeit insbesondere drei Punkten zuzuwenden.

Der erste die Formenzünftigkeit betreffende und besonders zu berücksichtigende Punkt ist die Gleichheit oder Ähnlichkeit gewisser Konstituenten mancher Organsysteme und die Thatsache, dass wir bei den meisten Tieren einer-, bei den meisten Pflanzen anderseits dieselben Organsysteme wieder finden. Von den Wirbeltieren bis zu den Nesseltieren z. B. finden wir u. a. Muskelsysteme und Nervensysteme, von den höchststehenden Blütenpflanzen bis zu den niedersten Farnpflanzen Gefässbündel, und die Elemente solcher durch zahlreiche Organismengruppen hindurchgehenden Organsysteme haben innerhalb

einer und derselben Zunft oft eine grosse Ähnlichkeit unter sich. In den vorstehenden Figuren sind zur Veranschaulichung solcher Ähnlichkeit Muskelfasern sehr verschiedenartiger Tiere nebeneinander abgebildet. Fig. 87 zeigt uns eine quergestreifte Muskelfaser einer Meduse. Ein Stück einer Muskelfaser eines Urtieres, nämlich von Stentor, ist in Fig. 88 abgebildet, und einen muskulösen Fortsatz, mit dessen Hilfe sich ein ganz anderes Urtier, Noctiluca, durch das Wasser bewegt, erblicken wir in Fig. 89. Alle diese Gebilde zeichnen sich durch jene Querstreifung aus, die wahrscheinlich den quergestreiften Muskelfasern der Tiere ihre energische Zusammenziehung ermöglicht. Die Tiere, von denen wir quergestreifte Muskelfasern kennen, sind aber untereinander höchst ungleich und gehören den verschiedensten Abteilungen des Tiersystems an. Die Insekten z. B. gehören dem Tierkreise der Gliedertiere an, dessen Vertreter von den Wirbeltieren sehr verschieden sind. Die Meduse ist ein Nesseltier, gehört also wieder einem ganz anderen Tierkreise an, und Stentor und Noctiluca sind Urtiere und gehören zu sehr verschiedenen Gruppen. Gleichwohl sind die quergestreiften Muskelfasern dieser Tiere überall nach demselben Schema gebaut. Wenn wir uns weiter im Tier- und Pflanzenreiche umsehen, so finden wir, dass dieselben chemischen Substanzen vielfach zu denselben Organsystemen verwendet worden sind. So findet sich z. B. der kohlensaure Kalk nicht bloss in den Skeletten vieler Krebse und Mollusken, sondern auch in denen der Kalkschwämme, der Korallen, vieler Foraminiferen und anderer Tiere, sowie der korallinen Algen. Aus Kieselsäure sind die Skelette nicht nur bei vielen Radiolarien, sondern auch bei den Kieselschwämmen gebildet; auch viele Pflanzen haben kieselige Skelettelemente, z. B. die Diatomeen und gewisse Schachtelhalme. Das Skelett der meisten Pflanzen besteht aus der Substanz der Zellmembranen, aus Cellulose. Aber eine ganz ähnliche Substanz finden wir auch in dem sogenannten Mantel der Tunikaten oder Manteltiere; und so liessen sich noch zahlreiche Beispiele für die Verwendung gleicher oder ähnlicher chemischer Substanzen zu gleichen oder ähnlichen Organen anführen. Es wird die Aufgabe des chemischen Teils der Systematik der Organismen sein, diese auch nach dem Aufbau gleicher und verschiedener Organe aus denselben oder einander ähnlichen oder verschiedenen Substanzen zu gruppieren.

Es wäre leicht, andere Beispiele sowohl aus dem Tier- als auch aus dem Pflanzenreiche für den beachtenswerten Punkt beizubringen, dass Organe, die einer und derselben Zunft angehören, oft gleiche oder sehr ähnliche Elemente haben. Indessen gilt dies nicht von allen Organzünften und nicht einmal von allen Elementen einer und derselben Zunft. Die quergestreiften Muskelfasern zeigen zwar bei den

verschiedensten Tieren denselben typischen Bau, aber es giebt auch sogenannte glatte Muskelfasern, die zwar gleichfalls bei verschiedenen Tieren einander sehr ähnlich sind, aber durch ihre Verschiedenheit von den quergestreiften zeigen, dass eine Muskelfaser nicht notwendigerweise quergestreift zu sein braucht; und es giebt Organsysteme, deren Elemente bei verschiedenen Tiergruppen durchaus verschieden sind, und das ist der zweite Punkt, den wir rücksichtlich der Formenzünftigkeit der Organismen zu beachten haben. So weicht z. B. das Skelett der Wirbeltiere von dem der Gliedertiere in hochgradigster Weise ab. Die Wirbeltiere haben ein inneres Knochengerüst, dessen Elemente ganz anders geformt sind, als die Elemente des Skelettes bei den Gliedertieren. Hier haben wir eine Ausscheidung der Haut vor uns, das sogenannte Chitin, das weder Zellen noch Zellkerne enthält, während die Knochenmasse eines Wirbeltieres aus organischer Substanz, in welcher phosphorsaurer Kalk abgelagert ist, besteht und zahlreiche Zellen birgt.

Der dritte Punkt, der bezüglich der Formenzünftigkeit der Organismen und ihrer Teile besonders bemerkenswert ist, betrifft die Thatsache, dass ähnlich geformte Organe bei verschiedenen Organismen an verschiedenen Körperstellen vorkommen können, und dass Organe mit gleicher Wirkungsweise bei verschiedenen Organismen äusserlich oft gleich geformt sind, obwohl ihr innerer Bau ein sehr verschiedener ist. Als Beispiel für verschiedene Lage und verschiedenen inneren Bau gleichzünftiger Organe verschiedener Organismen können wir die Haftnäpfe anführen. Haftnäpfe finden wir z. B. an den Armen vieler Cephalopoden oder Tintenfische, an Vorder- und Hinterextremitäten gewisser Fledermäuse, an den Vorderbeinen mancher Schwimmkäfer, an dem Bauche von Platt- und an dem Kopfe von Bandwürmern, an Randfäden des Schirmes bei einer Meduse und an vielen anderen Stellen bei vielen anderen Tieren. Ja wir können ihnen ähnliche Gebilde auch bei Pflanzen antreffen, so an den Ranken des wilden Weins (Ampelopsis). Hier kommt überall dasselbe mechanische Princip zur Verwendung, obwohl sich die Haftnäpfe an sehr verschiedenen Körperstellen befinden, aus sehr verschiedenem Material bestehen und in sehr verschiedener Weise gebaut sind.

Dieselben mechanischen Principien kehren übrigens in allen Organgebilden von gleicher oder ähnlicher Zünftigkeit wieder. Überall finden wir äusserlich ähnliche Organe und Apparate, obwohl deren Lage, Material und Bau höchst verschieden sein können. Es kann auch nicht gut anders sein. Wir müssen nämlich bedenken, dass die Physik nur sechs sogenannte einfache Maschinen kennt, nämlich den Hebel, die Rolle, das Wellrad, die schiefe Ebene, die Schraube und den Keil, unter denen Rolle und Wellrad auf das Princip des Hebels, Schraube und Keil auf das der schiefen Ebene zurückzuführen sind. Wo wir also

Organe derselben Zunft vor uns haben, da müssen beim Gebrauch notwendigerweise auch dieselben mechanischen Principien zur Anwendung kommen. Demgemäss sehen wir auch bei Tieren und Pflanzen, die Örtlichkeiten mit bestimmt ausgeprägtem Charakter bewohnen, eine Mehrzahl zünftiger mit diesem Charakter harmonisierender Einrichtungen. Wir sprechen von Wüstentieren und Wüstenpflanzen, von arktischen Tieren und arktischen Pflanzen, von Landtieren und Landpflanzen, von Wassertieren und Wasserpflanzen, von Klettertieren und Kletterpflanzen und könnten hier noch sehr vieles andere anführen.

Gleiche Zünftigkeit drückt sich durch sogenannte analoge Organe aus, die nicht mit homologen zu verwechseln sind. Analog sind z. B. die Flügel der Fledermäuse und Schmetterlinge; sie sind aber nicht homolog. Dagegen sind die Flügel der Vögel und Fledermäuse unter sich und mit den Armen des Menschen, den Vorderflossen der Walfische, den Grabfüssen des Maulwurfes, den Vorderbeinen der Giraffe, den Brustflossen der Fische, kurz, mit den Vorderextremitäten aller Wirbeltiere homolog. Homologe Gebilde sind nämlich solche, welche dieselbe typische Lagerung am Körper haben. Gleich den analogen können sie zwar auch äusserlich sehr ähnlich sein, falls sie nämlich denselben Organzünften angehören, sie können aber auch sehr verschieden voneinander sein, wie die Flügel der Fledermaus und die Grabfüsse des Maulwurfs.

Man hat häufig analoge Organe für homologe gehalten und ist dadurch zu manchen falschen Anschauungen über das System der Organismen gekommen. Es ist die Aufgabe der Systematik, analoge und homologe Organe streng auseinander zu halten, zumal es Tiere giebt, deren ganzer Körper dem anderer Tiere analog ist, ohne dass eine entsprechend weitgehende Homologie ihrer Teile durchführbar wäre. So z. B. sind gewisse Medusen, nämlich die Beutelquallen (Charybdea), anderen zwar auch zu den Medusen gestellten Tieren, z. B. den Sarsien, äusserlich sehr ähnlich, haben beispielsweise denselben glockenförmigen Körper, der an seinem Rande vier Fangfäden trägt, im Inneren der Glocke ein Schlundrohr, das eine Strecke weit herabhängt, und am Glockenrande einen Ring, ein sogenanntes Velum, Craspedon oder Segel, wodurch die Öffnung der Glocke eingeengt ist. Gleichwohl gehören diese äusserlich einander so ähnlichen Tiere zwei ganz verschiedenen Abteilungen der Medusen an. Die Sarsien gehören zu den Craspedoten oder Schleierquallen, während die Beutelquallen zu den Acraspeden oder Becherquallen zu stellen sind und mit Tieren, die ihnen äusserlich sehr wenig ähnlich sehen, durch eine viel weitergehende Homologie der Organe verbunden sind als mit den Sarsien, die ihrerseits von vielen anderen Schleierquallen sehr verschieden sind, aber dennoch viel weitergehende Homologieen mit ihnen aufweisen als

mit den Beutelquallen. Es kommt eben nicht nur auf die Art und Weise an, wie ein Organ oder der Gesammtorganismus wirkt, sondern auch auf die typische Lagerung aller seiner Teile. Wir haben demnach auch ein System der Organismen nach der typischen Lagerung ihrer Organe oder, kurz gesagt, nach dem Typus aufzustellen, und wollen die Principien, nach denen dies zu geschehen hat, im folgenden Abschnitt besprechen.

Die im obigen eingeführten Bezeichnungen Formenzunft und Formenzünftigkeit haben vor anderen den Vorzug, dass sie keine falschen Anschauungen begünstigen. Sie nötigen uns nicht, von „zweckmässigen" Einrichtungen zu sprechen, die ja die Entwickelungsmechanik nichts angehen, und leisten irrtümlichen Vorstellungen, die durch das Wort „Anpassung" platzgreifen könnten, keinen Vorschub.

Von irrtümlichen Voraussetzungen, die wir zu bekämpfen haben, geht eine unter der Herrschaft der Abstammungslehre beliebt gewordene Definition des Wortes „homolog" aus. Man sagt nämlich, homologe Organe seien Organe gemeinsamer Abstammung, und setzt dabei stillschweigend voraus, dass gleiche oder ähnliche Organismen in allen Fällen gemeinsame Vorfahren hätten. Ob letzteres der Fall ist, wissen wir aber nicht. Wir wissen z. B. nicht, ob Säugetiere, Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische gemeinsame Vorfahren haben; wir wissen nicht einmal, ob alle Individuen einer und derselben Organismenart gemeinsamen Stammes sind. Aus diesem Grunde müssen wir die gemutmaasste Abstammung bei der Definition des Wortes „homolog" beiseite lassen.

Formenzünfte und zünftige Formen der Organismen sind vielfach Gegenstand von Veröffentlichungen gewesen, von denen das Litteraturverzeichnis die wichtigsten angiebt.

9. Der Typus der Organismenformen.

Unter dem Typus eines Organismus versteht man dessen Bauplan, wobei es sich nicht in erster Linie um Symmetrieverhältnisse handelt, sondern um die Reihenfolge der einzelnen Organsysteme des Organismus und den Aufbau der Organe bis in die feinsten unterscheidbaren Einzelheiten hinein. Organismen, die sehr verschiedenen Typen angehören, können dieselbe Grundform zeigen, und Organismen, die in Bezug auf den Typus, dem sie angehören, einander nahestehen, können sehr verschiedene Grundformen haben. Beispiele für Organismen, die dieselbe Grundform haben, aber sehr verschiedenen Typen angehören, finden wir z. B. einerseits unter den Stachelhäutern, anderseits unter denjenigen Pflanzenblüten, die gleich den meisten Stachelhäutern fünf Paronten haben. Eine Seelilie, die ja schon, wie ihr Name sagt, äusserlich einer Blüte ähnlich ist, wenn sie auch nicht gerade die Zahlenverhältnisse einer Lilie zeigt, folgt im wesentlichen der Grundform einer fünfseitigen regulären Pyramide, und dasselbe gilt z. B. von einer Glockenblumenblüte (Campanula). Zweiseitig-symmetrische, sogenannte zygomorphe Blüten mit fünf Paronten in der Blumenkrone finden wir bei den Labiaten, bei den Papilionaceen und manchen anderen Pflanzen, und dieselbe Grundform nebst fünf Paronten treffen wir bei

den sogenannten irregulären Seeigeln an. Die Grundform kommt also bei der Einordnung der Organismen in Typen und bei deren Klassifikation nach dem Typus nicht in erster Linie in Betracht, wenn sie auch nicht ohne Bedeutung für den Typus ist. Dasselbe gilt von der Anzahl der Paronten. Die Ohrenquallen (Aurelia aurita) gehören gewiss alle einem und demselben Typus an, obwohl, wie wir früher gesehen haben, die Anzahl ihrer Paronten grossen Schwankungen unterworfen ist, und an einem und demselben Exemplar von Glockenblumen (Campanula) kann man Blüten mit den verschiedensten Parontenzahlen antreffen. Vier- und sechszählige Blüten neben den normalen fünfzähligen auf einer und derselben Pflanze sind in der Gattung Campanula nicht seltenes, ja man kann Exemplare von C. glomerata finden, bei denen die Anzahl der Kelch-, Blumenkron- und Staubblätter einzelner Blüten bis auf ungefähr zwanzig steigt und zwischen diesen vielzähligen Blüten und den normalen fünfzähligen alle möglichen Übergänge vorhanden sind. Es wird aber niemand behaupten wollen, dass die Blüten solcher Exemplare verschiedenen Typen angehören.

Auch die Anzahl der Metonten eines Organismus kann Schwankungen unterworfen sein, ohne dass der Typus dadurch gestört würde. So kann die Anzahl der Wirbel bei Wirbeltieren und der Körpersegmente bei Gliedertieren grösser oder geringer sein als die Normalzahl, und einzelne Organe, wie die Fühler von Gliedertieren, können eine grössere oder geringere Anzahl von Gliedern aufweisen. An dem Typus der betreffenden Tiere wird dadurch nichts geändert. So wenig also, wie die Anzahl der Paronten, spielt die der Metonten eines Organismus eine Hauptrolle bei der Frage nach dessen Zugehörigkeit zu einem Typus.

Von ausschlaggebender Bedeutung für den Typus eines tierischen Organismus ist die Reihenfolge, Struktur und chemische Beschaffenheit seiner Hauptkistonten. Unter Hauptkistonten verstehen wir diejenigen Konstituenten eines Organismus, die mehr oder weniger parallel seiner Oberfläche ineinander eingeschachtelt sind, beim Menschen z. B. die verschiedenen Schichten der Haut, das Muskelsystem, die Systeme der Nerven, Gefässe und Knochen, endlich die sogenannten Eingeweide. Darauf, wo die verschiedenen Organsysteme gelegen, wie sie gebaut sind, und aus welchem chemischen Material sie bestehen, kommt es bei der Frage nach der Zugehörigkeit zu diesem oder jenem Tiertypus an. Die Lage der verschiedenen Hauptkistonten und ihr Aufbau aus untergeordneten Konstituenten verschiedener Grade, sowie die chemische Beschaffenheit derjenigen unter den letzteren, die gerade noch über den Molokülen stehen, sind deshalb typisch für einen tierischen Organismus, weil sie nur höchst geringen Schwankungen unterworfen sind. Es kommt zwar vor, dass sich z. B. Oberhautgebilde, wie Haare, und dass sich Zähne und andere Organe an Stellen innerhalb des Körpers

entwickeln, wo man sie sonst nicht antrifft, und ferner, dass der Chemismus eines tierischen Organismus in geringem Grade verändert ist, so dass z. B. die Färbung eine andere wurde; aber verglichen mit den Schwankungen, die wir in Bezug auf die Paronten- und Metontenzahl bei vielen Organismen antreffen, sind diese Abweichungen von der Norm nur von geringem Betrage. Bei einer Ohrenqualle (Aurelia aurita), die drei-, fünf- oder sechs- anstatt vierzählig ist, ist die typische Lagerung der Kistonten dieselbe wie bei einem normalen Exemplare, und die chemische Beschaffenheit der einzelnen Kistonten ist dort genau so wie hier. Es wäre unerhört, dass z. B. ein Mensch an Stelle seiner Oberhaut von einer Zellschicht bedeckt wäre von der Beschaffenheit der seinen Darm auskleidenden, oder dass seine Lunge aus Lebermasse, seine Leber aus einem Konglomerat von Lungenbläschen bestände. Hiermit soll nicht gesagt sein, dass die einzelnen Organsysteme nicht Veränderungen ihres Baues und ihrer chemischen Beschaffenheit erleiden könnten, wofür ja die pathologische Anatomie der Tiere und Pflanzen, und namentlich die am genauesten bekannte des Menschen eine grosse Anzahl von Belegen liefern. Allein die typische Beschaffenheit der Organe ist nur ganz bestimmter und gleichfalls typischer Veränderungen fähig, je nachdem diese oder jene verändernden Einflüsse vorhanden sind. Vor allem aber ist auf den Umstand Gewicht zu legen, dass, wie gross die Veränderungen einzelner Organe auch sein mögen, dadurch die Aufeinanderfolge der verschiedenen Körperschichten nicht gestört wird, und dass diese Körperschichten, auch wenn sie, wie es z. B. bei der Haut vorkommen kann, in ihrer ganzen Ausdehnung einer Veränderung ihres Baues oder ihrer chemischen Beschaffenheit unterworfen gewesen sind, dennoch nur in einer solchen Weise abändern, wie es ihr normaler Bau und ihre normale chemische Beschaffenheit gestatten. Mäuse z. B. können fast vollständig haarlos werden, aber eine haarlose Maus würde sich in Bezug auf die Struktur ihrer Oberhautelemente noch immer in typischer Weise etwa von einem haarlosen Hunde unterscheiden, Albinos verschiedener Typen, etwa weisse Kaninchen und Krähen, büssen dadurch, dass sie in Bezug auf ihre Färbung gleich, weil pigmentlos, geworden sind, nichts an den Hauptmerkmalen der typischen Struktur ihrer Oberhaut und des Baues von deren Anhangsgebilden ein.

Bei den Pflanzen ist zwar die Lage und Beschaffenheit derjenigen ihrer Gewebearten, welche Kistonten bilden, in hohem Grade typisch. Allein in noch höherem Maasse gilt dies, so weit wenigstens sichtbare Einzelheiten in Betracht kommen, von dem feineren Bau ihrer Blütenteile. Erst darauf kommt die Grundform in Frage, und erst in letzter Linie die Anzahl der Blütenteile, sofern nicht gerade durch sie eine andere Grundform bedingt wird. Die Blütenform wird zwar in der

Praxis der Systematiker obenangestellt, aber doch nicht so sehr in Bezug auf ihre Symmetrie und die Anzahl der Blütenteile, als rücksichtlich der Art und Weise, wie diese miteinander zu der Blüte vereinigt sind; und die hängt mit von dem feineren Bau der Blütenteile ab. Damit ist nun so wenig wie bei den Tieren gesagt, dass die Grundform und die Anzahl der Teile keine Rolle spiele. Gewiss sind beide bis zu einem bestimmten Grade typisch, aber eine Störung der Grundform und der Anzahl der Blütenteile verändert den Typus der betreffenden Pflanzen nicht. Eine Blüte des Leinkrauts (Linaria vulgaris) bleibt eine Leinkrautblüte, auch wenn sie, wie es gelegentlich vorkommt, regulär pyramidal anstatt zweiseitig symmetrisch, aktinomorph anstatt zygomorph ist, und eine Blüte von Campanula glomerata bleibt eine Blüte dieser Glockenblumenart, auch wenn sie zwanzig Kelch-, zwanzig Blumenkron- und zwanzig Staubblätter anstatt deren je fünf hat. Für diese wie für alle Pflanzen und die Tiere ist zu allererst die feinere Struktur der Organe und deren Chemismus und die Aufeinanderfolge von Organsystemen von verschiedener Struktur und chemischer Beschaffenheit typisch. Typische Unterschiede der Struktur und des Chemismus betreffen bei den Tieren und niederen Pflanzen in erster Linie die Kistonten, bei den höheren Pflanzen die Metonten, d. h. die am Stamme, Stengel oder Stiel aufeinander folgenden Blattgebilde, insbesondere die der Blüte, den Kelch, die Blumenkrone, den Staubblattkreis und den Stempel, wobei es hauptsächlich darauf ankommt, ob die Blätter der Blüte spiralig oder in Kreisen angeordnet, bis zu welchem Grade und in welcher Weise sie miteinander verwachsen, und durch welche besonderen Merkmale sie ausgezeichnet sind.

Eine Klassifikation der Organismen nach dem Typus ist nur für die ausgewachsenen, insbesondere für die geschlechtsreifen Formen, und für diese auch nur in höchst unvollkommener Weise durchgeführt worden. Mit ihr befassen sich die sogenannten Systematiker, u. a. auch die Beschreiber von Schneckenschalen, Vogelbälgen, Insektenleichen und getrockneten Pflanzen. Ihnen gesellen sich die vergleichenden Anatomen und Embryologen hinzu, die im Grunde genommen nichts anderes thun, als jene, und insofern hinter ihnen zurückstehen. als sie sich vorwiegend nur an die Haupttypen halten. Unter den Typen lassen sich nämlich neben-, über- und untergeordnete unterscheiden, was zwar allgemein bekannt, aber wegen seiner Bedeutung für die Entwickelungsmechanik auch von uns zu würdigen ist. Dabei wird es sich hauptsächlich um die Frage handeln, ob die übliche Systematik den Bedürfnissen unserer Wissenschaft genügt.

Wo wir die Formen des Tier- und Pflanzenreichs auf Typenkategorieen verschiedenen Umfanges und Inhalts verteilen, da haben

wir es immer nur mit Begriffsbildungen zu thun. Gegeben sind uns nur die realen Vertreter der Organismenreiche. Wir nennen sie Individuen. Diese unterscheiden sich, mögen sie auch einander noch so ähnlich sein, in allen Fällen voneinander. Es ist unmöglich, irgend zwei auf den ersten Blick scheinbar völlig gleiche Individuen einer Organismengruppe zu finden, die nicht bei genauerer Untersuchung doch eine Anzahl, und zwar gewöhnlich eine recht beträchtliche Anzahl, von Verschiedenheiten aufwiesen. Die Entwickelungsmechanik hat sich nun zwar mit den realen Formen der Individuen zu beschäftigen; ihr Betrieb würde jedoch allzusehr erschwert, wenn nicht unmöglich werden, falls wir die realen Vertreter der verschiedenen Formengruppen nicht auf verschiedene Typenkategorieen verteilen wollten.

Die wichtigste der Typenkategorieen ist die Art oder Species. Über den Begriff der Art und über die Principien der Abgrenzung der Arten gegeneinander herrscht grosse Unsicherheit; es giebt darüber zahlreiche miteinander in Konflikt stehende Ansichten. Wir werden uns über das, was man eine Art nennt oder zu nennen hat, am besten an der Hand eines Beispiels Klarheit verschaffen.

Zu der Vogelwelt Deutschlands gehören die unter dem Namen Schwanzmeisen (Acredula) bekannten kleinen Vögel. Sie sind bei uns durch zwei Formen vertreten, nämlich erstens durch die Weissköpfige Schwanzmeise (Acredula caudata) und zweitens durch die Westliche Schwanzmeise oder Rosenmeise (A. rosea, bezw. A. caudata rosea). Die Vogelkundigen streiten sich nun darüber, ob diese beiden Formen als verschiedene Arten voneinander zu sondern seien, oder ob sie nicht vielmehr nur eine Art bildeten. In Ostdeutschland ist zwar durchweg nur die Weissköpfige Schwanzmeise, im Westen dagegen meistens nur die Rosenmeise anzutreffen; aber in Mitteldeutschland giebt es nicht nur alle denkbaren Übergänge zwischen beiden Formen, sondern man findet auch, dass sich Angehörige beider Formen miteinander paaren. Ausserdem werden die Schwanzmeisen auf dem Strich in regelloser Weise bald hierhin, bald dorthin geführt; infolgedessen mag gelegentlich das eine oder andere Exemplar in der Fremde zurückbleiben und sich mit den hier ansässigen Schwanzmeisen mischen. Aus diesen Gründen halten die meisten Ornithologen die beiden Schwanzmeisenformen nur für Unterarten einer Art, nicht aber für gesonderte Arten, indem sie, wie es auch sonst vielfach üblich ist, sagen, alle diejenigen Formen, die durch ganz fein abgestufte, durch sogenannte gleitende Übergänge mit anderen verbunden seien, gehörten mit diesen einer und derselben Species an. Arten könnten wir nur da abgrenzen, wo sich eine Anzahl von realen Vertretern der Organismen in der Weise auf Gruppen verteilen liessen, dass zwischen den Gruppen keine Übergänge beständen.

Die beiden Formen der Schwanzmeise lassen sich aber, sobald man von ihren Übergängen absieht, sehr gut charakterisieren. Bei der Weissköpfigen Schwanzmeise sind, um nur ihre Hauptunterschiede von der Rosenmeise anzugeben, Kopf und Unterseite weiss mit blassrosigem Hauch an Steiss und Weichen. Die Rosenmeise unterscheidet sich von der Weissköpfigen Schwanzmeise dadurch, dass sich längs der Mitte ihres Oberkopfes eine weisse, und an jeder Seite des Oberkopfes eine schwarze Binde hinzieht, und ferner durch ein lebhafteres Rosenrot an denjenigen Körperstellen, die bei der Weissköpfigen Schwanzmeise rosenrot angehaucht sind. Beständen nun zwischen diesen beiden Formen keine Übergänge, so würde man sie zweifellos auf zwei verschiedene Arten verteilen. Unterscheidet man doch häufig Formen als Arten, die sich noch weit weniger voneinander unterscheiden, als die beiden deutschen Schwanzmeisenformen, und zwar einfach aus dem Grunde, weil zwischen solchen Formen keine Übergänge bestehen. Weil zwischen den Schwanzmeisenformen Übergänge vorkommen, so will man sie vielfach nicht als Arten, sondern nur als Unterarten einer einzigen Species gelten lassen. Betrachten wir aber die Schwanzmeisen nur als Individuen einer Art, die aus zwei durch gleitende Übergänge verbundene Unterarten besteht, so können wir uns auch vorstellen, dass es andere Arten geben könnte, die aus mehr als zwei, aus drei, zehn, hundert und noch mehr Unterarten bestehen. In der That giebt es Formen, die man zu einer einzigen Art, in der man viele Unterarten unterscheidet, vereinigt. Es liegt aber auf der Hand, dass solche Arten eine ganz andere Bedeutung haben, als diejenigen, bei denen sich keine Unterarten unterscheiden lassen. Wenn wir die beiden Schwanzmeisenformen nur als Unterarten gelten lassen wollten, so könnten wir denjenigen Formen, die sich in ebenso geringem oder in noch geringerem Grade voneinander unterscheiden als die Schwanzmeisenformen, eigentlich auch nur den Wert von Unterarten zugestehen. Das ist wenigstens der Standpunkt, den die Entwickelungsmechanik einzunehmen hat; denn die Entwickelungsmechanik hat sich auch mit der geschichtlichen Umbildung der Organismen, mit deren Stammesgeschichte, zu befassen, und es kommt für sie auf die Frage an, wie gross die stammesgeschichtlichen Schritte von einer Form zu einer anderen sind, ob zwischen beiden eine grosse Anzahl von Generationen liegt, oder ob es nicht vielleicht schon möglich ist, dass eine Form eine andere erzeugt, die sich in höherem Grade von ihr unterscheidet, als z. B. die Weissköpfige Schwanzmeise von der Rosenmeise.

Will die Systematik der entwickelungsmechanischen Forschung vorarbeiten, so hat sie noch einen andern Punkt zu beachten. Der von den Systematikern manchmal eingenommene Standpunkt, alles

das als zu einer Tier- oder Pflanzenart gehörig zu betrachten, was sich fruchtbar miteinander fortpflanzt und Nachkommen von unverminderter Fruchtbarkeit erzeugt, ist nämlich kein exakter. Denn wer ein rationelles System der Formen aufstellen will, hat nicht danach zu fragen, inwiefern diese genetisch zusammenhängen, sondern er hat sie nur nach ihrer grösseren oder geringeren Ähnlichkeit zu beurteilen und in ein System zu bringen. Er hat dabei nach dem Vorbild des Chemikers zu verfahren, der sich nicht darum kümmert, woher z. B. die Kohlensäure stamme, ob sie etwa durch Verbrennung von reinem Kohlenstoff oder von Alkohol, oder durch Austreibung der Kohlensäure aus kohlensaurem Kalk, oder sonst irgendwie gewonnen sei. Er konstatiert nur, dass, was er Kohlensäure nennt, immer und überall dieselben Eigenschaften hat, und aus diesem Grunde sagt er, alles, was diese Eigenschaften hat, gehört zu der chemischen Verbindung Kohlensäure, die durch das Quantitätenverhältnis, in welchem Kohlenstoff und Sauerstoff in ihr vereinigt sind, d. h. gleich allen anderen Stoffen der Chemie durch ihre Zusammensetzung, charakterisiert ist. Ähnlich müsste verfahren, wer eine rationelle Typensystematik der Organismen anstrebt. Er hat sich um die Herkunft der organischen Formen durchaus nicht zu kümmern, eine Aufgabe, die der Entwickelungsmechanik erst dann obliegt, sobald sie die Mechanik der keimesgeschichtlichen und stammesgeschichtlichen Entwickelung der Formen erforschen will. Diese Thätigkeit des Entwickelungsmechanikers hat ihre Voraussetzung in einer Systematik, die dem Ideal einer rationellen Klassifikation der organischen Formen möglichst nahe kommt. Und aus diesem Grunde ist es wissenschaftlich unzulässig, die praktische Typensystematik der Tier- und Pflanzenbeschreiber exakten wissenschaftlichen Untersuchungen zu Grunde zu legen. Diese praktische Systematik hält sich allerdings am besten an die Vorschrift, die Organismen so auf eine Anzahl von Gruppen zu verteilen, dass zwischen den Vertretern einer Gruppe und denen irgend einer anderen Gruppe keine gleitenden Übergänge vorkommen. Aber dadurch werden Arten gebildet, die sich in Bezug auf ihren Formenreichtum sehr voneinander unterscheiden. Wir kennen Tier- und Pflanzenspecies mit einem ausserordentlich grossen Formenreichtum, wie wir ihn z. B. bei Idotea tricuspidata, einem Krebstiere der deutschen Meere, das in sehr verschiedenen Färbungen und Zeichnungen vorkommt, beim Kampfläufer (Machetes pugnax), von dem dasselbe gilt, und bei einer grossen Anzahl anderer Tiere und vieler Pflanzen finden, ferner solche Arten, deren Individuen sich in höchst geringem Grade voneinander unterscheiden, so dass es ganz unmöglich ist, sie auf verschiedene Gruppen zu verteilen, und endlich solche Species, die zwischen beiden Extremen mehr oder weniger in der Mitte stehen. Neben Unterarten

einer Art unterscheidet man auch noch Spielarten oder Varietäten, nämlich solche Formen, die hier oder da auftreten, wie z. B. die weissen, schwarzen und gelben Hausmäuse, und die sich oft nicht durch Übergänge miteinander verbinden lassen, so dass eine rationelle Systematik sie eigentlich als besondere Arten gelten lassen müsste. Man lässt sich aber auch hier von der Thatsache beeinflussen, dass Varietäten genetisch mit bekannten Formen zusammenhängen. Oft unterscheidet man auch nicht scharf zwischen Varietät und Unterart, ebenso oft nicht zwischen Varietät und Abirrung, Abänderung oder Aberration und Modifikation oder Standortsform. Kurz, wir haben es schon bei denjenigen Typengruppen, die man als Tier- oder als Pflanzenarten voneinander unterscheidet, mit einer grossen Mannigfaltigkeit der Vorkommnisse zu thun, die noch einer exakten Systematik harren.

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, näher auf jene Dinge einzugehen, was nur an der Hand zahlreicher konkreter Beispiele, exakten systematischen Monographieen entnommen, geschehen könnte. Wir haben nur zu betonen, dass die augenblicklich herrschende und von Gelehrten, denen entwickelungsmechanische Fragen meistens gänzlich fern liegen, betriebene Systematik den Anforderungen der Entwickelungsmechanik nicht entspricht, und dass vor allem zwei Irrtümer zu vermeiden sind, nämlich erstens der Irrtum, die rationelle Systematik ginge der genetische Zusammenhang der Formen etwas an, und zweitens der Irrtum, es sei wissenschaftlich richtig, nur diejenigen Formengruppen als Arten gelten zu lassen, die nicht durch unmerklich abgestufte Übergänge miteinander verbunden sind. Die Zukunft wird Wandel schaffen müssen. Ob zwei Formen gleitend, ob sie genetisch verbunden sind, sich fruchtbar oder unfruchtbar miteinander paaren und im ersteren Falle zeugungsfähige Nachkommen hervorbringen können, sind zwar Fragen, die für die Entwickelungsmechanik von hervorragender Bedeutung sind, diese aber erst voll auf Grund einer Systematik haben, die nicht nach dem genetischen Zusammenhange und der Mischbarkeit der Formen, nicht nach der Fruchtbarkeit der Misch- und nach realen Zwischenformen, sondern nach der rationellen Durchsichtigkeit des idealen Formensystems fragt.

Eine rationelle Systematik hätte vor allem ein System der Formentypen auf Grund einer exakten Wertbestimmung der von ihr unterschiedenen Formenkategorieen zu geben. Die Kategorieen, die von der üblichen Systematik unterschieden werden und die Reihenfolge Art oder Species, Gattung oder Genus, Familie, Ordnung, Klasse, Kreis, Reich bilden, und zwar so, dass eine Gattung aus verschiedenen Arten, eine Familie aus verschiedenen Gattungen, eine Ordnung aus verschiedenen Familien, eine Klasse aus verschiedenen Ordnungen,

ein Kreis aus verschiedenen Klassen, und ein Reich aus verschiedenen Kreisen besteht, wären, vielleicht unter anderem Namen, auch einer rationellen Typensystematik von Nutzen. Es müsste aber darauf geachtet werden, dass die Schritte zwischen zwei Arten, bezw. zwei Gattungen, zwei Familien, zwei Ordnungen, zwei Klassen, zwei Kreisen und zwei Reichen, bestimmt angebbare Weite haben würden, so dass in dem aufzustellenden rationellen Systeme der Organismen die gegenseitigen Abstände der Arten einer Gattung, bezw. der Gattungen einer Familie, der Familien einer Ordnung, der Ordnungen einer Klasse, der Klassen eines Kreises und der Kreise eines Reiches nach ihrer Bedeutung zu beurteilen wären.

Man hätte sich ferner bei einer rationellen Systematik der Organismentypen so wenig wie durch reale Übergänge zwischen Arten, bezw. zwischen Gattungen, Familien, Ordnungen, Klassen, Kreisen und Reichen, durch weit klaffende Lücken zwischen den durch reale Vertreter repräsentierten Abteilungen des rationellen Systems beirren zu lassen. Wie man in dem sogenannten periodischen System der chemischen Elemente Plätze für noch nicht entdeckte, aber vielleicht, um nicht zu sagen wahrscheinlich, vorhandene Elemente frei gelassen hat, so hätte eine rationelle Systematik der Organismenformen auch Lücken für eventuell zu entdeckende Formen, oder für Formen, die es vielleicht einmal gegeben hat oder in Zukunft vielleicht geben könnte, oder etwa auch für solche, die möglicherweise auf diesem oder jenem anderen Planeten unseres Sonnensystems oder anderer Sonnensysteme vertreten sind, frei zu lassen. Es würde freilich rücksichtlich etwaiger Lücken die Frage zu beantworten sein, ob ihre Ausfüllung überhaupt möglich ist, oder ob nicht verschiedene Gruppen auch des rationellen Typensystems weit voneinander gesondert sind. Aber nur eine viel weiter vorgeschrittene Entwickelungsmechanik, als die gegenwärtig mögliche, könnte darüber entscheiden. Diese Frage darf übrigens nicht verwechselt werden mit den heute vielfach diskutierten Fragen über hypothetische stammesgeschichtliche Verbindungen zwischen verschiedenen Organismengruppen, z. B. zwischen Wirbeltieren und Wirbellosen, zwischen Reptilien und Vögeln, Amphibien und Säugetieren, Lurchfischen und Amphibien, sowie zwischen all den anderen Gruppen, bei denen bisher schon die Frage nach ihrem genetischen Zusammenhange aufgetaucht ist. Die hypothetische Verknüpfung dieser Gruppen kann erst dann einen nennenswerten Grad von Zuverlässigkeit beanspruchen, wenn wir in der rationellen Systematik der Formentypen, die sich nicht um deren genetischen Zusammenhang kümmert, weiter als heute gediehen und in der Lage sein werden, zu sagen, ob diese oder jene Formen, die man zur Ausfüllung der Lücken in den sogenannten Stammbäumen konstruiert hat, überhaupt möglich

sind oder nicht. Wie uns die Organismengruppen heute in lebenden Vertretern und in den Resten ausgestorbener vorliegen, bestehen zwischen ihnen zahlreiche klaffende Lücken.

Die Lücken im Typensystem der Tier- und Pflanzenformen sind oft viel grösser, als sie die übliche Systematik erscheinen lässt. Wer über die in der Zoologie und Botanik jetzt übliche Systematik Auskunft suchte, würde nämlich gewöhnlich den Bescheid erhalten, dass man Individuen, die mehr oder weniger gleich sind, zu einer Art zusammenfasst, dass man Arten, die sich nahe stehen, in einer Gattung unterbringt, und dass ähnliche Gattungen eine Familie bilden. Einander nahestehende Familien vereinige man zu Klassen, und Klassen, deren Angehörige in gewissen Zügen ihres Bautypus übereinstimmen, zu Kreisen. Aus Kreisen beständen die Reiche. Wer aber nach diesem Recept verfährt und sich dabei möglichst an die Vorschrift hält, immer die ähnlichen Individuen, bezw. Arten, Gattungen, Familien, Ordnungen, Klassen und Kreise, nebeneinander unterzubringen, wird bald finden, dass dabei Arten übrig bleiben, die in keine der durch Zusammenfassung der Arten gebildeten Gattungen untergebracht werden können. Ebenso wird er auf isolierte Gattungen, Familien, Ordnungen und wohl auch Klassen stossen; selbst bezüglich der Kreise wird es gelegentlich zweifelhaft sein, in welches der beiden oder der drei gewöhnlich unterschiedenen Reiche sie hineingehören. So würde, um nur wenige Beispiele anzuführen, das Schnabeltier (Ornithorhynchus anatinus) als eine Art zurückbleiben, zu der sich keine andere findet, um die Aufstellung einer Gattung zu ermöglichen; als eine Gattung, die in keine aus mehreren Gattungen gebildete oder zu bildende Familie hineinpassen würde, könnte man die der Nandus (Rhea) in Südamerika anführen; eine Familie, die keiner anderen Familie so nahe steht, dass wir sie mit ihr in einer Ordnung unterbringen könnten, würde die der Pinguine (Aptenodytidae) sein. Man hat sich, was allerdings zur Zeit auch das Geratenste ist, die Sache aber bequem gemacht, indem man die Individuen, bezw. Arten, Gattungen, Familien und höheren Kategorieen, die sich nicht mit anderen Individuen, bezw. Arten, Gattungen, Familien und höheren Kategorieen, zu einer nächst höheren Kategorie vereinigen liessen, einfach als Repräsentanten von eigenen Arten, bezw. Gattungen, Familien und höheren Kategorieen, betrachtet. So sieht man das Schnabeltier (Ornithorhynchus anatinus) als Vertreter einer eigenen Gattung und Familie an. Mit ihm vereinigt man die Ameisenigel (Echidnidae), die auf zwei Gattungen verteilt und zu einer Familie zusammengefasst wurden, zu einer eigenen Ordnung und Unterklasse; ja man hat sogar den Versuch gemacht, eine eigene Klasse aus diesen Tieren zu bilden. Man verfährt einfach so, als ob neben den in Frage kommenden Individuen, bezw.

Arten, Gattungen und höheren Kategorieen, noch andere existierten, die man mit ihnen zu einer nächst höheren Kategorie zusammenfassen könnte. Auf diese Weise ist ein System der Organismen zustande gekommen, das nicht die klaffenden Lücken aufweist, die uns eine rationelle Typensystematik der realen Organismenformen bieten würde. Dazu aber kommt noch, dass man in den meisten Fällen mit den von uns unterschiedenen Kategorieen nicht auskommt. Wir haben ja schon gesehen, dass die Arten sich aus Unterarten zusammensetzen können, und dass man auch noch von Varietäten, Aberrationen und Modifikationen spricht. Ausserdem hat man Untergattungen, Unterfamilien, Unterordnungen, Unterklassen, Unterkreise und Unterreiche unterschieden. Aber auch hiermit ist es noch nicht genug gewesen. Bei manchen Abteilungen der Organismen gebraucht man eine noch bedeutend grössere Anzahl verschiedener Kategorieen, während man bei anderen mit wenigen auskommt. Es giebt, mit anderen Worten, formenreiche Arten, Gattungen, Familien, Ordnungen, Klassen und Kreise neben formenarmen und neben solchen von mittlerem, bald grösserem, bald geringerem Formenreichtum. Eine formenarme Art ist z. B. die, welche durch unseren Kernbeisser (Coccothraustes coccothraustes) gebildet wird, dessen Individuen eine aussergewöhnliche Uniformität zeigen. Eine formenarme Gattung ist die der afrikanischen Strausse (Struthio), in welcher nur zwei Arten unterschieden werden können. Eine formenarme Familie haben wir in der der Madenfresser (Crotophagidae) vor uns, zu welcher nur zwei Gattungen mit zusammen vier Arten gehören. Unter den von den Systematikern unterschiedenen Ordnungen ist die der Seekühe (Sirenen) formenarm; als eine formenarme Klasse haben wir die der Schachtelhalme (Equisetinae) zu nennen; endlich sehen wir in den Manteltieren (Tunicata) einen formenarmen Kreis. Dagegen ist die Art, die von den Kampfhähnen (Machetes pugnax) gebildet wird, ausserordentlich formenreich. Es lassen sich kaum zwei Individuen finden, die nicht in ziemlich erheblicher Weise voneinander abwichen. Unter den Gattungen ist die Landschnecken-Gattung Helix ganz aussergewöhnlich formenreich. Eine äusserst formenreiche Familie stellen die Singvögel dar, falls wir uns der Anschauung einiger Ornithologen anschliessen wollen, dass wir es bei ihnen in der That nur mit einer Familie zu thun haben. Ganz merkwürdig formenreich ist unter den Ordnungen die der Käfer, unter den Klassen die der Insekten, unter den Kreisen der der Gliedertiere. Gleich den Arten sind also in Bezug auf ihren Formenreichtum auch die Gattungen, Familien, Ordnungen, Klassen und Kreise von sehr verschiedenem Werte, und wenn wir uns diesen Umstand, sowie den anderen vergegenwärtigen, dass ein rationelles System der Organismentypen, in welchem nur die thatsächlich bekannten

Formen eingetragen wären, ausserordentlich viele und sehr verschieden grosse Lücken enthalten würde, so können wir uns vorstellen, dass der Anblick dieses Systems ein sehr unregelmässiger sein würde.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass das rationelle System aller Organismenformen sich am besten durch ein stereometrisches Schema veranschaulichen lassen würde. In einem solchen rationellen System würden wir alle die Gesichtspunkte, nach denen man die Organismen anordnen kann, zu berücksichtigen haben, und dennoch müsste jede Form an ihrem Platz stehen. An dieser Stelle haben wir nun wieder eine Warnung auszusprechen, die Warnung nämlich, die sogenannten Stammbäume, die man nicht selten in populären Schriften über die Entwickelungslehre, namentlich in den von Zoologen verfassten, und auch in manchen zoologischen und gelegentlich auch in botanischen Monographieen antrifft, etwa als eine Annäherung an ein rationelles System der Organismenformen zu betrachten, mögen sie nun planimetrisch oder stereometrisch dargestellt sein. Die Frage, in welchem genetischen Zusammenhang die verschiedenen Formen eines rationellen Systems stehen, ist von der nach der Anordnung dieses Systems eine gänzlich verschiedene. Ob z. B. sehr verschiedene Organismenformen überhaupt genetisch in der Weise zusammenhängen, dass sich Stammbäume aus ihnen bilden lassen, oder dass sie gar nur einem einzigen Stammbaum angehören, oder ob wir anstatt der Stammbäume mit ihren Verzweigungen nicht vielmehr Stammbüsche, deren einzelne Zweige von einem einzigen Punkt entspringen, oder gar, um einen zur Veranschaulichung geeigneten Vergleich zu wählen, ein Stammkornfeld aufzustellen haben, ist noch keineswegs entschieden. Ebensowenig kann man heute mit Sicherheit angeben, ob nicht gleiche Formen gänzlich verschiedene Vorfahren haben können. Gewöhnlich nimmt man an, dass verschiedene Formen oft gleiche Vorfahren haben; aber wenn diese Annahme auch einigermaassen plausibel zu machen, und wenn es in hohem Grade wahrscheinlich ist, dass ähnliche Formen auch ähnliche Vorfahren haben, so können wir darüber doch von vornherein nichts Bestimmtes aussagen. Das dürfen wir ebensowenig vergessen, wie wir die Möglichkeit ausser Acht lassen dürfen, dass die Anordnung der Organismenformen nach ihrem genetischen Zusammenhang von dem rationellen Formensystem verschieden ist.

Ein rationelles System der Organismen muss auf deren Zugehörigkeit zu bestimmten Typen begründet sein. Gleichwohl ist es notwendig, die Organismen nicht nur nach ihrer typischen Zusammengehörigkeit, sondern auch nach den früher von uns besprochenen Gesichtspunkten zu gruppieren, weil eine und dieselbe grössere Typengruppe sehr verschiedene Wertigkeitsstufen, sehr verschiedene Grundformen und sehr verschiedene Formenzünfte aufweisen kann.

Die Entwickelungsmechanik hat auch die Frage zu lösen, ob sich die verschiedenen keimesgeschichtlichen Entwickelungsstufen eines Tieres oder einer Pflanze in ebenso typischer Weise von denen anderer Organismen unterscheiden, wie die ausgebildete Form. Diese Frage ist, wie leicht einzusehen, für die Entwickelungsmechanik von der allergrössten Bedeutung. Man hat u. a. behauptet, dass sich die Eier verschiedener Wirbeltiere nicht voneinander unterscheiden liessen, und in einem Falle auch geglaubt, man könnte die typische Gleichheit der Keimesformen typisch verschiedener reifer Formen nicht besser beweisen, als dadurch, dass man von einem und demselben Holzstock gewonnene Druckplatten nebeneinander stellte und die dadurch erhaltenen, natürlich ganz gleichen Bilder mit verschiedenen Unterschriften versah. Und wenn dieses Verfahren, zu dessen Rechtfertigung man ja Gründe vorbringen kann, z. B. didaktische, die manchem einleuchten werden, auch keine Nachahmung, wohl aber Tadler, gefunden hat, so ist doch die Anschauung gang und gäbe, die Eizelle eines hoch entwickelten Tieres, etwa des Menschen, sei im Grunde genommen nichts anderes als eine Amöbe. Gewiss steht sie auf der Formenwertstufe einer solchen. Ob aber die Eizellen verschiedener Organismen nicht ebenso typisch verschieden sind, wie die reifen Formen, ist eine andere Frage. Es ist also von höchster Bedeutung, dass wir neben der Typensystematik der ausgewachsenen Organismen auch eine Typensystematik der Organismenkeime und -Keimlinge zu gewinnen suchen.

Von ebenso grosser Wichtigkeit, wie die Frage nach den Typen unreifer Entwickelungsstadien, ist die mit ihr eng zusammenhängende, ob sich die einzelnen Teile verschiedener Organismen durch ihren Bau und ihre chemische Zusammensetzung in ebenso typischer Weise unterscheiden, wie die ganzen Körper, und bis zu welchen Einzelheiten etwaige typische Unterschiede gehen. Wir haben z. B. früher gesehen, dass die quergestreiften Muskelfasern der verschiedensten Tiere einen ganz ähnlichen Bau haben, und das gleiche gilt sicher auch von ihrer chemischen Beschaffenheit. Es handelt sich aber für die Entwickelungsmechanik um die Frage, wie gross die thatsächliche Übereinstimmung ist, welche Konstituentengrade sich noch unterscheiden lassen. Man hat u. a. die Lehre aufgestellt, dass die kleinsten organischen Individualitäten bei den verschiedensten Organismen dieselbe Beschaffenheit hätten, und dass es nur darauf ankomme, in welchem quantitativen Mischungsverhältnis die letzten organisierten Einheiten im Keimstoff eines Organismus vorhanden seien, um des letzteren Typus zu bestimmen. Der Systematik liegt die Aufgabe, deren Wichtigkeit wir später noch besser einsehen werden, ob, zu untersuchen, ob diese Lehre wirklich zu Recht besteht. Man hat aber

auch die Anschauung zu begründen versucht, dass sich verschiedene Organismen in Bezug auf die feinsten Einzelheiten ihres Baues unterscheiden, dass jede Zelle eines Organismus verschieden sei von der ihr homologen Zelle irgend eines anderen ihm noch so nahe stehenden Organismus.

Dass sich etwaige Verschiedenheiten nicht auf die Atome der chemischen Verbindungen, aus welchen die Organismen bestehen, erstrecken können, ist selbstverständlich; aber damit ist die Frage noch nicht gelöst, ob sich die Verschiedenheit zweier äusserlich kaum unterscheidbarer Tiere oder Pflanzen nicht bis auf gewisse Molekülarten ihrer Baustoffe erstrecke. Die Möglichkeit, dass eine solche Verschiedenheit besteht, ist um so weniger von der Hand zu weisen, als z. B. nicht bloss verschiedene Menschenrassen nach von ihnen producierten Duftstoffen, also gewissen Molekülen, typisch unterschieden, sondern auch Hunde imstande sind, Individuen, die einer und derselben Rasse angehören, sehr wohl nach dem von ihnen ausgeströmten Duft zu unterscheiden und die Spur ihres Herrn unter hundert oder gar tausend anderen Spuren herauszufinden. Dass sich grössere oder kleinere Organismengruppen durch ihren Duft voneinander unterscheiden, also auch nach ihrem Duft in Gruppen gebracht werden können, ist bekannt genug. In einem Pferdestalle riecht es ganz anders, als in einem Kuh- oder in einem Schweinestalle; aber die verschiedensten Wiederkäuer haben einen ganz ähnlichen Duft, und dasselbe gilt von verschiedenen anderen Organismengruppen. Unter den Pflanzen brauchen wir nur etwa an die Umbelliferen zu erinnern, zu denen der Fenchel (Foeniculum vulgare), der Kümmel (Carum carvi), der Dill (Anethum graveolens), die Möhre (Daucus carota), der Anis (Pimpinella anisum) und zahlreiche andere Arten gehören, die sich in Bezug auf ihren Duft zwar voneinander unterscheiden, aber gleichwohl in hohem Grade ähneln.

Anderseits dürfen wir nicht vergessen, dass gleiche oder ähnliche Duftstoffe bei den verschiedensten Formen wiederkehren, so ein moschusartiger Duft u. a. nicht nur bei dem Moschustier (Moschus moschiferus), sondern auch beim Moschusochsen (Ovibos moschatus), bei der Zibethkatze (Viverra tangalunga), der Moschusente (Hyonetta moschata), einem Käfer, dem Moschusbock (Cerambyx moschatus), einem Tintenfische (Eledone moschata) und auch bei Pflanzen, z. B. beim Moschuskraut (Adoxa moschatellina). Und wenn es sich hierbei auch nicht um ganz gleiche Stoffe handelt, so werden diese in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung doch einander nahe stehen. Wir müssen uns also hüten, uns bei der Klassifikation der Organismen nach ihrem Typus über Gebühr von einzelnen sinnfälligen Merkmalen leiten zu lassen, ein Verfahren, das wir ja schon früher als durchaus un-

zulänglich erkannt haben. Es ist vielmehr unsere Aufgabe, zu untersuchen, welche von den kleinsten Konstituenten eines Organismus noch einen typischen Bau haben, und auf wie viele verschiedene Konstituentenarten sich die typischen Verschiedenheiten der Organismen erstrecken.

Eine vollendete Systematik der Organismen nach dem Typus hätte nach allem obigen zur Voraussetzung, dass die typische Art der Zusammenordnung der Konstituenten eines Organismus bis herunter auf die Moleküle und Atome bekannt wäre. Am besten können wir dies dadurch erläutern, dass wir uns den auf seinen typischen Bau zu untersuchenden Organismus in ein räumliches Koordinatensystem, ein Raumgitter, hineingelegt denken, und zwar in eines, dessen Koordinaten senkrecht aufeinander stehen und in gleich grossen Abständen liegen. Um uns ein solches Koordinatensystem vorzustellen, brauchen wir uns nur einen grossen Würfel aus lauter gleich grossen kleinen Würfeln aufgebaut zu denken. In den Punkten, wo je acht kleine Würfel mit je einer ihrer Ecken zusammenstossen, haben wir die Schnittpunkte der Koordinaten vor uns. Kennten wir nun einen Organismus bis in seine feinsten Einzelheiten hinein, so würden wir, vorausgesetzt, dass die Maschen unseres Raumgitters ungefähr die Grösse von Atomen hätten, angeben können, mit welchen Schnittpunkten unseres Koordinatensystems Atome eines bestimmten Stoffes zusammenfallen. Ausserdem würden wir bestimmte Komplexe unseres Raumgitters von anderen Komplexen unterscheiden und die Lage aller Komplexe feststellen können. Mit Hilfe einer solchen Kenntnis aller Organismenformen würde es uns möglich sein, deren typische Übereinstimmungen und Verschiedenheiten anzugeben und dabei festzustellen, ob ein Organismus sich durchweg von allen anderen Organismen, auch solchen, die ihm äusserlich ganz ähnlich sind, unterscheidet oder nicht, ob z. B. zwei Schmetterlinge, die bis auf eine geringe Verschiedenheit in der Färbung eines kleinen bei beiden gleich geformten und an derselben Körperstelle liegenden Fleckes in ihrer Färbung und Zeichnung genau übereinzustimmen scheinen, dieses auch wirklich thun oder in Bezug auf viele oder alle anderen Körperteile bestimmte Verschiedenheiten erkennen lassen. Ausserdem könnten wir dann die verschiedenen Entwickelungsstufen, die ein Organismus während seiner Keimesgeschichte durchläuft, in Bezug auf ihre typischen Eigentümlichkeiten miteinander vergleichen, um festzustellen, ob es sich bei der keimesgeschichtlichen Entwickelung eines Organismus um eine Reihe genetisch zusammenhängender Formen handelt, die in Bezug auf ihren Typus in jeder Beziehung voneinander abweichen, oder ob nicht gewisse Konstituenten durch alle keimesgeschichtlichen Stadien hindurch dieselbe typische Struktur zeigen. Wir würden, mit einem Worte, feststellen können,

ob typische Gleichheit oder Ungleichheit, Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit zweier oder mehrerer Organismen nicht in letzter Linie auf typischer Gleichheit oder Ungleichheit, Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit gewisser unsichtbarer Konstituenten beruht.

Von einer solchen vollkommenen Kenntnis der verschiedenen Organismenformen sind wir gegenwärtig noch himmelweit entfernt. Wir müssen uns damit begnügen, diese, so gut es gehen will, in verschiedenen Kategorieen von Typen unterzubringen. Aber gewöhnlich glaubt man diese Arbeit schon damit erledigt, wenn man ausgewachsene Organismen nach ihren äusseren Eigentümlichkeiten und den Hauptzügen ihres inneren Baues in ein System bringt, wie man beispielsweise die Frösche nach den fortpflanzungsfähigen Vertretern der verschiedenen Froschgruppen ordnet, ohne hierbei die Eigentümlichkeiten ihrer Kaulquappen zu berücksichtigen. Für die Entwickelungsmechanik ist dieses Verfahren nicht ausreichend. Die Systematik nach dem Typus muss auf sämtliche Entwickelungsstadien der verschiedenen Tier- und Pflanzenformen und auf sämtliche unterscheidbare, über- und untergeordnete Individualitäten darstellende Konstituenten des Organismus ausgedehnt werden. Könnte man dies schon jetzt mit aller denkbaren Genauigkeit thun, so würde man finden, bis zu welcher Ausdehnung die zu einer Kategorie gehörigen Konstituenten eines Organismus, z. B. die roten Blutkörperchen oder die Haare eines Säugetieres, denen anderer Organismenarten gleichen. Von vornherein erscheint es denkbar, dass die roten Blutkörperchen aller Säugetierarten einander gleich sind; wir wissen indessen, dass sie weitgehende Verschiedenheiten zeigen, und deshalb ist die Frage noch zu beantworten, auf welchen Eigentümlichkeiten ihres Baues die Verschiedenheiten beruhen. Vielleicht könnte man die roten Blutkörperchen der Säugetiere in ein ebenso reich gegliedertes System bringen, wie die äusseren Merkmale der ausgewachsenen Säugetiere. Ob solches wirklich möglich ist oder nicht, dieses zu untersuchen, ist eine der Aufgaben der Typensystematik. Sie hat auch zu ermitteln, ob etwa das System, das die unbefruchteten Eier und die Samentierchen verschiedener Formen ausgewachsener Organismen bilden, dieselbe Gliederung zeigen würde, wie etwa das der Muskel- oder Nervenelemente der betreffenden Formen. Für die Eier und Samentierchen ist es ausserordentlich wahrscheinlich, dass ihr System ebenso gegliedert ist, wie das der ausgewachsenen Formen; denn wenn wir ein Samentierchen dadurch in eine ganz abnorme Umgebung versetzen, dass wir es in das von einem Angehörigen einer anderen Tierart producierte Ei eindringen lassen, wozu wir nur Männchen und Weibchen verschiedener Arten miteinander zu paaren brauchen, so entsteht in den allermeisten Fällen ein Bastart, der ungefähr in der Mitte zwischen beiden Eltern steht, ein Beweis dafür, dass die

Samentierchen und Eier ein dem der ausgewachsenen Tiere gleich gegliedertes System bilden. Und da wir finden, dass die Bastarte in der Mitte zwischen beiden Eltern stehen, so müssen wir auch schliessen, dass die Konstituenten verschiedener Arten ausgewachsener Organismen ebenso verschieden voneinander sind, wie die ausgewachsenen Formen. Die Feder eines Vogelbastarts z. B. hält die Mitte zwischen den ihr homologen Federn seiner Eltern, was nur darauf beruhen kann, dass auch ihre Elemente in der Mitte zwischen den Elementen der elterlichen Federn stehen, dass diese Elemente also ebensowohl Arten und andere Kategorieen bilden, wie die ausgewachsenen Organismen.

Eine weitere Frage betrifft die verschiedenen Geschlechter, Männchen, Weibchen und Neutra, einer Organismenart. Wenn die Geschlechter auf verschiedene Individuen verteilt sind, so entsteht die Frage, ob auch deren Konstituenten in ähnlicher Weise voneinander verschieden sind, wie die ganzen Formen, oder ob es sich vielleicht nur um verschiedenartige Kombinationen derselben Konstituenten handelt. Nach dem Vorhergehenden müssen wir zu dem Schluss gelangen, dass hierbei wirklich verschiedene Konstituenten in Frage kommen. Wie weit aber diese Verschiedenheit geht, ob sie sich bis auf alle Zellen oder gar bis auf gewisse Moleküle erstreckt, ist damit noch nicht entschieden. Auf diese wichtige Frage zurückzukommen, wird uns der keimesgeschichtliche Teil unseres Buches Gelegenheit geben.

Die Typenlehre wurde durch Cuvier, am eingehendsten aber durch Karl Ernst von Baer („Über Entwickelungsgeschichte der Tiere“, I—II, Königsberg 1828—1837) begründet. Heute versteht man unter „Typen“ nicht selten die Tierkreise, von denen man gewöhnlich sieben unterscheidet, nämlich Vertebrata oder Wirbeltiere, Arthrozoa oder Gliedertiere, Mollusca oder Weichtiere, Echinodermata oder Stachelhäuter, Vermes oder Würmer, Coelenterata oder Hohl- oder Pflanzentiere und Protozoa oder Urtiere. Allein die Unterabteilungen der Tierkreise unterscheiden sich gleichfalls in typischer Weise voneinander, die weder mit dem Formenwert, noch mit den Symmetrieverhältnissen, noch auch, so weit wir uns an die bekannten Thatsachen halten wollen, mit den Formenzünften etwas zu thun hat, und diese Verschiedenheit geht hinunter bis auf die Arten und Individuen. Deshalb ist es am zweckmässigsten, solche Unterschiede typische zu nennen und von Typenarten, Typengattungen, Typenfamilien oder einfach von Arten, Gattungen, Familien und anderen Typenkategorieen im Gegensatz zu Konstituenten ersten, zweiten, n^{ten} Grades, von Grundformen mit ∞, n, 1, 0 Symmetrieebenen, von Formenstufen verschiedener Wertigkeit und von Formen verschiedener Zünfte zu sprechen.

Nach Haeckels Vorgang wird in der Systematik der Tiere neuerdings auch vielfach von Tierstämmen oder Phylen gesprochen. Insbesondere nennt man die Tierkreise so. Das ist deshalb unzulässig, weil wir nicht wissen, ob die Angehörigen eines Tierkreises stamm-, d. h. blutsverwandt sind. Formenverwandtschaft oder Typenähnlichkeit darf nicht mit Stammverwandtschaft verwechselt werden. Die Frage, wie viel Organismenstämme es giebt, wird noch lange der Lösung harren, und wenn jemand glaubt, er hätte diese Frage annähernd gelöst, so mag er seine Anschauungen immerhin als „heuristische Hypothesen“ vorbringen, die, weil zum Widerspruch reizend, nicht ohne Wert sind; aber die exakte Systematik hat

nicht mit Hypothesen zu operieren, weil solche erst auf Grund einer exakten Systematik aufgestellt werden können, und muss sich deshalb von Begriffen frei halten, die auf Grund von Hypothesen gewonnen sind.

Die Forderung einer Typensystematik für Körperkonstituenten, z. B. Zellen, und Keimesstadien, z. B. Eier, wird von der Entwickelungsmechanik gebieterisch gestellt, weil schon eine Reihe von Forschern Fragen, die eine solche Typensystematik betreffen, hypothetisch gelöst hat. In den Entwickelungstheorieen von Spencer, Darwin, Haeckel, Naegeli, de Vries, Weismann, O. Hertwig u. a. spielen die Konstituenten von Protoplasma und Zellkern und ihre problematischen typischen Verschiedenheiten eine Hauptrolle, die wir später kennen lernen werden. Alle genannten Theoretiker haben insofern das Richtige getroffen, als die Typenunterschiede sich zweifellos auf Ei- und Samenzellen und viele feine Einzelheiten des Baues der Organismen erstrecken.

Von den unsrigen abweichende Anschauungen über den Begriff des Typus haben v. Ettingshausen und Krašan („Untersuchungen über Ontogenie und Phylogenie der Pflanzen auf paläontologischer Grundlage", Denkschriften der math.-naturw. Klasse der K. Akademie der Wissenschaften, Bd. LVII, Wien 1890) vorgetragen. Sie nennen die gesetzmässige Art und Weise, wie ein Organ, ein Glied oder ein Komplex von gleichnamigen Organen eingerichtet ist, einen Typus, wenn die gleiche Einrichtung bei Arten und Gattungen wiederkehrt, die systematisch weit voneinander getrennt sind, und vergleichen ihn mit dem Stil oder Bauplan menschlicher Werke. Das Formenelement im engeren Sinne sei dagegen ein Bestandteil des Artcharakters und könne sich nur ausnahmsweise bei verschiedenen Arten einer und derselben Gattung wiederfinden. In dem dargelegten Begriff von „Typus" sei angedeutet, dass man in der Gleichartigkeit oder der Übereinstimmung zweier Fälle nicht die wirkliche Identität der miteinander verglichenen Organe zu suchen habe. Durch die Charakterisierung des Fruchtstandes von Zamia z. B. als nach dem Typus von Equisetum gebaut, solle in bildlicher Sprache darauf hingewiesen werden, dass der Natur bei der Anlage des ersteren gleichsam die Fruchtähre des Schachtelhalmes vorgeschwebt habe. Schon in den ältesten Zeiten seien die Grundtypen, und zwar unabhängig voneinander, dagewesen. Ihre Zahl sei keineswegs eine unbeschränkte, als ob die Natur, fort und fort an demselben Faden spinnend, Neues und immer wieder Neues hervorbringen könnte. Vielmehr liesse sich die mit der Zeit zunehmende Mannigfaltigkeit der Gestalten, zum grösseren Teil wenigstens, besser durch wiederholte und mannigfach kombinierte Verbindungen der ursprünglich gegebenen Motive oder Grundtypen, als durch eine sich ins Unendliche fortziehende planlose Variation erklären. Man würde dabei an die krystallisierbaren Körper gemahnt. Mit der chemischen Konstitution sei zugleich schon die Möglichkeit so und so vieler Krystallformen gegeben. Allein, wie die Moleküle sich gruppieren sollten, hinge nicht von den chemischen Kräften ab. Die Krystallform sei von Fall zu Fall verschieden und scheine sehr oft von rein äusseren und fremdartigen Kräften bedingt zu sein. Nicht wesentlich anders verhalte es sich mit den Typen im Pflanzenreich, deren Ursprung in jene Zeit zurückreiche, wo der pflanzliche Organismus sich äusserlich zum ersten Male in Stamm, Wurzel, Blatt und Frucht, innerlich in Mark, Holzkörper, Bast und Rinde gegliedert, und das Gefässbündelsystem dem Wesen des Ganzen eine neue Richtung gegeben habe. Seit der mittleren Kreidezeit hätten zwar durch das Vorherrschen zweisamenlappiger Pflanzen jene Typen des Blattes, die wir bei Salix, Prunus, Viburnum, Magnolia, bei Carpinus, Alnus, Castanea, bei Aesculus, Fraxinus und den Papilionaceen beobachteten, das Übergewicht gewonnen; allein schon in den infraliasischen Schichten kämen Blätter mit ganz ähnlichem Geäder wie z. B.

bei Rhus typhica vor; es handle sich also oft nur um ein schrittweises Zurückdrängen des einen Typus durch den andern, und keineswegs um Neubildungen, soweit von der Blattform die Rede sei.

Wir haben diese Ausführungen nur citiert, um zu zeigen, wie wichtig eine den Erscheinungen auf den Grund gehende Systematik der Organismenformen ist. Die genannten Autoren sprechen an einer anderen Stelle („Beiträge zur Erforschung der atavistischen Formen an lebenden Pflanzen und ihrer Beziehungen zu den Arten ihrer Gattung", II. Folge, l. c. Bd. LV, Wien 1888) von einem zweifachen System, einem genealogischen und einem ideellen. Das erstere sei zwar denk-, aber nicht realisierbar. Das zweite sei aber nicht einmal in unserer Vorstellung konstruierbar, eine Anschauung, der die Wissenschaft nicht folgen darf; denn ein Verzicht auf die endliche Erreichung ihrer Ideale ist gleichbedeutend mit ihrem Tod. Eines der Ideale der biologischen Wissenschaften, insbesondere der Entwickelungsmechanik, muss aber ein rationelles System der Organismenformen sein.

10. Die Physiognomie des Organismensystems.

Wenn auch eine rationelle Systematik gegenwärtig noch nicht möglich ist, so lassen sich doch sowohl die Tiere als auch die Pflanzen schon heute in ein provisorisches System bringen, dessen Aussehen für uns von allergrösster Wichtigkeit ist. Organismenformen von ähnlichem Typus gestatten nämlich eine Anordnung in Reihen, in denen die Formen so aufeinander folgen, dass sie in jeder Reihe, je nachdem man dieses oder jenes ihrer beiden Enden als Anfang setzt, im grossen und ganzen in Bezug auf ihren Formenwert zu- oder abnehmen. Mit zunehmendem Formenwert wird die Ungleichheit ihrer Konstituenten eine stärkere und die Anzahl ihrer Kongruenz- und Symmetrieebenen eine geringere. Dies gilt sowohl für Pflanzen als auch für Tiere; aber weder bei diesen noch bei jenen nimmt, abgesehen von den Zellen, die Anzahl der Körperkonstituenten stetig zu. Sie nimmt im Gegenteil vielfach ab, obwohl, wenigstens bei den Tieren. das Körpervolumen mit zunehmendem Formenwerte durchweg grösser wird. Letzteres Verhalten steht in scheinbarem Gegensatze zu dem Umstande, dass innerhalb jeder Reihe die Anzahl der Konstituenten oft mit zunehmendem Formenwerte abnimmt; denn man könnte erwarten, dass mit der Zunahme der Körpergrösse immer eine Vermehrung und mit dieser ein immer ausgeprägteres Ungleichwerden der Konstituenten Hand in Hand ginge. Bei den Tieren verhalten sich aber die Reihen, die wir aus ihnen bilden können, so, dass mit zunehmender Körpergrösse zwar die Ungleichheit der Konstituenten zu-, aber, abgesehen von der der Zellen, ihre Anzahl oft abnimmt. An Stelle vieler gleicher Konstituenten bei den auf einer niederen Formenstufe stehenden Mitgliedern einer Reihe finden wir oft wenige, aber dafür ungleiche Konstituenten bei den auf höheren Formenstufen stehenden Mitgliedern der betreffenden Reihe. Die Organisationsarbeit, die bei den auf einer höheren Formenstufe stehenden Mitgliedern

einer Reihe geleistet worden ist, ist aber darum doch im grossen und ganzen grösser als bei den niederen Angehörigen der Reihe. Die Tiere verhalten sich also nicht ganz so, wie wir es auf Grund unserer früheren Erwägungen erwarten konnten. Die innerhalb jeder Reihe erkennbare Zunahme der Organisationsleistung ist keine derartige, dass die Konstituenten, abgesehen von den Zellen, an Zahl zunehmen und darauf ungleich werden, auch nicht so, dass ihre Anzahl sich gleichbleibt, ihre Ungleichheit aber zunimmt, sondern so, dass ihre Anzahl geringer, ihre Ungleichheit aber grösser wird, während ihr Volumen, abgesehen von dem Durchschnittsvolumen der Zellen, für die besondere Gesetze gelten, und deren grosse Anzahl, indem sie mit einer grossen Anzahl der Zellkerne zusammenfällt, ja nur die Bedeutung hat, den Stoffwechsel zu unterhalten, grösser wird. Dieser Satz gilt der Hauptsache nach für dasjenige System der Tiere, das sich schon heute aufstellen lässt, wobei die Tiere, die einer selben Typenkategorie angehören, so klassifiziert werden, dass man die Formen jeder Tierart in eine Reihe zusammenstellt und dann die Reihen in der Weise parallel anordnet, dass die einander ähnlichsten Reihen nebeneinander zu stehen kommen, ein Verfahren, das man auf die verschiedenen Gattungen, Familien, Ordnungen, Klassen und Kreise ausdehnt. Wir können bei den Individuen einer Art, bei den Arten einer Gattung, bei den Gattungen einer Familie, bei den Familien einer Ordnung, bei den Ordnungen einer Klasse, und bei den Klassen eines Kreises verschiedene Formenwertstufen unterscheiden, obwohl wir im einzelnen zahlreiche Unregelmässigkeiten finden, was an unseren unzureichenden Kenntnissen liegen mag.

Für die Pflanzen gilt im wesentlichen dasselbe, wie für die Tiere; nur in Bezug auf die Grösse bestehen hier vielleicht andere Regeln. Zahlreiche Pflanzen bilden reich verzweigte Stöcke, und diese erschweren einen Vergleich mit den Tieren, deren Arten meistens durch Personen repräsentiert werden. Es lässt sich um so weniger etwas Bestimmtes über diesen Punkt aussagen, als Untersuchungen über den Formenwert der Organismen unter Berücksichtigung der Grössenverhältnisse weder von den Zoologen noch von den Botanikern in irgendwie genügender Weise angestellt worden sind. Aber auch für die Pflanzen dürfte, wenigstens in Bezug auf die Blüten, im grossen und ganzen der Satz gelten, dass sie sich in parallelen Reihen anordnen lassen, die mit kleinblütigen Formen beginnen und mit grossblütigen enden, wobei mit zunehmender Grösse die Anzahl der Blütenteile ab-, ihre Verschiedenheit aber zunimmt. Welcher Einschränkungen dieser Satz bedarf, ist seitens der Botanik zu untersuchen. Sieht man von der Grösse ab, so lassen sich die Blüten der verschiedenen Pflanzenarten in Bezug auf die Anzahl und Ungleichheit ihrer Teile

in ähnlicher Weise in Reihen bringen, wie die Tiere; in diesen Reihen nimmt mit der abnehmenden Anzahl der Blütenteile deren Ungleichheit zu; Hand in Hand damit geht auch durchweg eine Zunahme in der Ungleichheit der übrigen Pflanzenteile.

Sowohl für Tiere als auch für Pflanzen gilt ferner der Satz, dass bei den niederen Anfangsgliedern der einzelnen Reihen Teile voneinander getrennt sind, die bei den Endgliedern innige Verwachsung zeigen, und dass auch in Bezug auf diesen Punkt eine Abstufung innerhalb jeder Reihe stattfindet.

Alles in allem lässt sich sowohl für die Tiere als auch für die Pflanzen behaupten, dass sie sich in ein System bringen lassen, das, mit einfachen Formen beginnend, eine immer stärkere Zunahme der Ungleichheiten der einzelnen Körperteile neben einer immer grösser werdenden Vereinheitlichung der Organisation zeigt, wobei die Anzahl der Körperkonstituenten, von den Zellen und Zellkernen abgesehen, abnimmt.

Versuchen wir, die aufgestellten Sätze an einer Reihe von Beispielen aus dem Tier- und Pflanzenreiche zu rechtfertigen, und beginnen wir mit der durchschnittlichen Körpergrösse der Vertreter verschiedener Tierkreise, so haben wir zu bedenken, dass sich darüber bei dem Mangel genügender auf diesen Punkt gerichteter Untersuchungen nur provisorische Geltung Beanspruchendes aussagen lässt. Man hat noch nicht einmal die Frage aufgeworfen, wie man die durchschnittliche Grösse der Organismen einer Gruppe zu berechnen hat. Es scheint zwar am einfachsten, dies in der Weise zu thun, dass man die durchschnittliche Grösse der Vertreter jeder Organismenart feststellt, die gewonnenen Grössen innerhalb jeder Gruppe addiert und durch die Anzahl der Arten dividiert; allein wir haben zu bedenken, dass die aus realen Organismen gebildeten Gruppen des Systems von sehr ungleichem Formenreichtum sind und durch sehr verschieden grosse Lücken voneinander getrennt werden. Hätten wir ein rationelles System der Organismen, in welchem jeder realen Organismenform ihr Platz angewiesen wäre, die nicht von realen Organismenformen besetzten Plätze aber von idealen Formen, die eine rationelle Systematik zu konstruieren gestatten würde, eingenommen würden, so liesse sich die durchschnittliche Körpergrösse der Angehörigen jeder Kategorie von Formentypen, also jeder Art, Gattung, Familie, Ordnung und Klasse, sowie jedes Kreises berechnen, indem man der Berechnung sowohl die an bestimmten Plätzen des Systems stehenden realen Formen, als auch die auf Grund einer exakten Systematik konstruierbaren und gleichfalls bestimmte Plätze einnehmenden idealen Formen der Berechnung zu Grunde legte. Eine rationelle Systematik müsste, wie wir früher gesehen haben. imstande sein, zu sagen, wie

viele verschiedene Formen überhaupt in einer bestimmten Organismengruppe möglich sind, und alle diese, einerlei, ob sie sich realisiert finden oder nicht, hätten dazu zu dienen, die durchschnittliche Grösse der Formen einer Gruppe festzustellen. Worauf es dabei ankäme, mag folgendes Beispiel erläutern: Denken wir uns, eine Gruppe wäre aus zehn Formen zusammengesetzt, von der die erste 1 *ccm*, die nächstfolgende 2, die dritte 3, und jede folgende immer 1 *ccm* grösser als die vorhergehende, die letzte also 10 *ccm* gross wäre, so betrüge, wie die leicht auszuführende Rechnung ergiebt, die durchschnittliche Grösse 5,5 *ccm*. Besteht die Reihe aber aus 20 Formen, deren kleinste ein Volumen von 1 *ccm* und deren grösste ein Volumen von 20 *ccm* hat, während der Unterschied von einer Form zur andern immer 1 *ccm* beträgt, so ist die durchschnittliche Grösse der Formen 10,5 *ccm*, obwohl diese Reihe demselben Grössengesetz folgt, wie die vorhergehende. Also nimmt eine Organismengruppe, die trotz des ungünstigen Moments, dass sie nur aus wenigen Formen besteht, eine ebenso bedeutende durchschnittliche Grösse ihrer Vertreter aufweist, wie eine aus zahlreichen Vertretern bestehende Formengruppe, eine höhere Wertstufe ein, als diese. Wir erhalten also den Satz, dass eine in sich abgeschlossene Gruppe des rationellen Systems, vorausgesetzt, dass es solche Gruppen überhaupt giebt, und dass nicht sämtliche Gruppen durch gleitende Übergänge miteinander verbunden sind und einem und demselben Grössengesetze folgen, in Bezug auf die durchschnittliche Grösse ihrer Angehörigen gegenüber anderen Gruppen um so höher steht, je geringer die Anzahl der zugehörigen Formen und je grösser die durchschnittliche Grösse ihrer Vertreter ist. Unterscheiden sich die zu einer Gruppe des rationellen Systems gehörigen Formen durch gleiche Grössenbeträge, so kommt es darauf an, wie gross die kleinste dieser Formen, wie gross die Differenz zwischen je zwei aufeinander folgenden Formen, und wie gross die Anzahl der Formen ist.

Um zu diesem Satz zu gelangen, müssen wir allerdings voraussetzen, dass die Grössenabstufung der Formen des rationellen Systems innerhalb jeder Gruppe eine von Stufe zu Stufe um denselben Betrag zunehmende ist.

Wir könnten eine Menge von Beispielen beibringen, die alle zeigen würden, dass es keineswegs gleichgültig ist, in welcher Weise man die verschiedenen Kategorieen des Organismensystems in Bezug auf die durchschnittliche Grösse ihrer Angehörigen untersucht.

Wenn wir nun mit Rücksicht auf die Gesichtspunkte, die uns durch die vorhergehenden Betrachtungen an die Hand gegeben sind, die durchschnittliche Grösse der Angehörigen der verschiedenen Tierkreise miteinander vergleichen, so erhalten wir trotz der Unmöglich-

keit, heute schon eine exakte Vergleichung durchführen zu können, doch den Eindruck, als ob die durchschnittliche Grösse der Angehörigen der verschiedenen Kreise im grossen und ganzen von den Urtieren nach den Wirbeltieren hin schrittweise zunimmt.

Von den Protozoen oder Urtieren können wir mit Sicherheit behaupten, dass sie durchschnittlich kleiner sind, als die Coelenteraten oder Pflanzentiere. Für die bleibt es allerdings zweifelhaft, ob ihre durchschnittliche Grösse geringer ist, als die der Würmer, die meistens auch nur kleine Tiere sind. Auch unter den Echinodermen oder Stachelhäutern finden sich keine sehr grossen Formen; sie sind aber durchschnittlich grösser als die Würmer. Durchschnittlich grösser als die Stachelhäuter dürften die Mollusken oder Weichtiere sein. Unter den Gliedertieren giebt es allerdings eine grosse Anzahl sehr kleiner Formen, so dass es zweifelhaft bleibt, ob ihre durchschnittliche Grösse bedeutender ist, als die der Weichtiere. Indessen giebt es unter ihnen, insbesondere unter den Krebsen, auch sehr grosse Tiere; aber mit Bestimmtheit lässt sich über die durchschnittliche Grösse der Gliedertiere nur das aussagen, dass sie geringer ist, als die der Wirbeltiere, die in Bezug auf ihre durchschnittliche Grösse den Angehörigen aller anderen Tierkreise vorangehen, ebenso wie die Urtiere hinter allen anderen zurückbleiben.

Mit etwas grösserer Sicherheit als in Bezug auf die durchschnittliche Grösse ihrer Vertreter können wir behaupten, dass die Tierkreise rücksichtlich der durchschnittlichen Anzahl verschiedener Körperkonstituentenarten ihrer Vertreter eine Stufenfolge darstellen. Die Urtiere sind durchschnittlich nicht so hoch organisiert wie die Pflanzentiere. Diese stehen durchschnittlich auf einer tieferen Stufe als die Würmer, und diese werden von den Stachelhäutern übertroffen. Unter den Weichtieren giebt es zahlreiche sehr hochwertig organisierte Geschöpfe, wie es die Cephalopoden oder Kraken sind, und es lässt sich deshalb auch wohl sagen, dass die Weichtiere in Bezug auf die durchschnittliche Anzahl ihrer Körperkonstituentenarten auf einer höheren Stufe stehen als die Stachelhäuter. Mit noch grösserer Wahrscheinlichkeit werden wir das Richtige treffen, wenn wir den durchschnittlichen Formenwert der Gliedertiere höher stellen, als den der Weichtiere. da es unter den Gliedertieren, insbesondere unter den Insekten, ausserordentlich hoch organisierte Formen giebt, so z. B. die Ameisen und die Bienen. Von den Wirbeltieren endlich lässt sich behaupten, dass sie im grossen und ganzen auf der höchsten Organisationsstufe, zu der es die Tiere gebracht haben, stehen.

Wir müssen aber bei alledem betonen, dass es sich immer nur um den Durchschnitt handelt. Es giebt Urtiere, die in Bezug auf ihren Formenwert höher stehen, als manche Pflanzentiere, ebenso

Pflanzentiere, die manche Würmer durch die Höhe ihrer Organisation übertreffen, und Würmer, die höher stehen als niedere Stachelhäuter. Unter den Stachelhäutern sind manche Formen sicher höher organisiert, als manche Mollusken, und unter diesen stehen die höchsten Formen höher als die niedersten Gliedertiere, während hochorganisierte Gliedertierformen eine höhere Stufe einnehmen, als niedrig organisierte Wirbeltiere. Der Satz, dass die Tierkreise, die man in der Regel unterscheidet, rücksichtlich der Höhe ihrer Organisation eine Stufenfolge darstellen, darf also nicht dazu verleiten, sämtliche Mitglieder eines Tierkreises, der durchschnittlich höher steht, als ein anderer Tierkreis, auch über sämtliche Mitglieder dieses letzteren zu stellen.

Es ist überhaupt bestritten worden, dass der Typus der Organisation etwas mit deren Höhe zu thun habe. Allein ein vorurteilsfreies Abwägen aller Punkte, die hierbei in Betracht kommen, dürfte doch zu dem Ergebnis führen, dass sich die Typen der Tiere und Pflanzen nach ihrer Organisationshöhe in der Weise abstufen, dass die Individuen einer Art, die Arten einer Gattung, die Gattungen einer Familie, die Familien einer Ordnung, die Ordnungen einer Klasse und die Klassen eines Kreises, ebenso wie die Kreise unter sich, Stufenreihen nach dem Formenwert oder der Organisationshöhe darstellen. In Bezug auf die Tierkreise insbesondere haben wir zu betonen, dass die höchststehenden Urtiere tiefer organisiert sind als die höchststehenden Hohltiere, diese tiefer als die höchststehenden Würmer. die von den höchststehenden Stachelhäutern wiederum an Formenwert übertroffen werden, ebenso wie die höchststehenden Mollusken eine höhere Stufe einnehmen, als die höchststehenden Stachelhäuter, und ihrerseits wieder von den höchststehenden Gliedertieren übertroffen werden, während die höchstentwickelten Wirbeltiere endlich die höchste Organisationstufe unter sämtlichen Tieren einnehmen.

Was für die Kreise der Tiere gilt, lässt sich auch für deren Unterabteilungen, bald mit grösserer, bald mit geringerer Sicherheit, behaupten.

Den Kreis der Urtiere teilt man in die drei Klassen der Rhizopoden oder Wurzelfüsser, der Flagellaten oder Geisseltiere und der Ciliaten oder Wimpertiere, abgesehen von einigen anderen Formen, die sich nicht mit Sicherheit einer dieser drei Klassen zuweisen lassen. Die Wurzelfüsser stehen nun im grossen und ganzen auf einer tieferen Organisationsstufe, als die Geisseltiere, und diese werden wieder von den Wimpertieren übertroffen. Auch innerhalb jeder dieser drei Klassen lässt sich eine Abstufung der Ordnungen feststellen. Die Klasse der Wurzelfüsser zerfällt in die fünf Ordnungen der Amöben, der Heliozoen oder Sonnentiere, der Radiolarien, der Thalamophoren oder Kammertiere und der Myxomyceten oder Schleimpilze. Die

Sonnentiere stehen höher als die Amöben und werden ihrerseits von den Radiolarien übertroffen. Kammertiere und Schleimpilze lassen sich mit den Radiolarien schwer vergleichen, haben aber sicher einen grösseren Formenwert als Amöben und Sonnentiere. Von den drei Ordnungen der Geisseltiere steht die der Autoflagellaten auf einer tieferen Stufe als die der Dinoflagellaten, und diese auf einer tieferen als die der Cystoflagellaten. Sehr auffällig ist die Abstufung der Organisationshöhe bei den Ordnungen der Wimpertiere. Diese werden durch die Holotrichen, bezw. durch die Heterotrichen, Peritrichen, Hypotrichen und Acineten, dargestellt, und diese fünf Klassen bilden eine deutliche Stufenleiter von tiefer zu höherer Organisation.

Der Kreis der Pflanzentiere zerfällt in die beiden Unterkreise der Spongien oder Schwämme und der Cnidarien oder Nesseltiere, unter denen der der Schwämme entschieden auf viel tieferer Organisationsstufe steht, als der der Nesseltiere. Unter den Schwämmen, bei denen man nur eine Klasse unterscheidet, steht die Ordnung der Kalkschwämme am tiefsten. Am höchsten steht die der Kieselschwämme, während die Hornschwämme und Schleimschwämme zwischen beiden ungefähr die Mitte halten. Sehr deutlich ist die Abstufung der Organisationshöhe bei den Abteilungen der Nesseltiere. Man unterscheidet in diesem Unterkreis drei Klassen, die der Hydrozoen, die der Scyphozoen und die der Ctenophoren, die in der genannten Reihenfolge eine Abstufung vom Niederen zum Höheren darstellen. Die Hydrozoen zerfallen in verschiedene Unterklassen, die gleichfalls in Bezug auf ihre Organisationshöhe schöne Abstufungen erkennen lassen. Unter den Scyphozoen stehen die Anthozoen oder Korallen auf tieferer Stufe als die Scyphomedusen. Schöne Abstufungen finden wir sowohl unter den Abteilungen der Korallen, als auch unter denen der Scyphomedusen. Unter diesen letzteren stellen insbesondere die vier Ordnungen der Stauromedusen, Peromedusen, Kubomedusen und Diskomedusen eine Stufenleiter dar, in welcher der Fortschritt vom Niederen zum Höheren sehr gut ausgesprochen ist. Auch in der höchststehenden Klasse der Nesseltiere, in der der Rippenquallen, giebt es Abstufungen von niederen zu höheren Formen.

Die Einteilung der Würmer ist eine schwierige. Man unterscheidet als Würmer im engeren Sinne meistens die Klassen der Plathelminthen oder Plattwürmer, der Rotatorien oder Rädertiere, der Chaetognathen oder Pfeilwürmer, der Nematoden oder Rundwürmer, der Anneliden oder Ringelwürmer und der Enteropneusten oder Eichelwürmer, die im grossen und ganzen eine Stufenfolge vom Niederen zum Höheren darstellen. Insbesondere lässt sich von den Plattwürmern behaupten, dass sie die tiefste, und von den Eichelwürmern, dass sie die höchste Organisationsstufe einnehmen. Auch die Ordnungen der verschiedenen

Würmerklassen sind gut abgestuft. Zu den Würmern rechnet man meistens auch noch die Tunikaten oder Manteltiere, die Bryozoen oder Moostiere und die Brachiopoden oder Armfüsser, die aber abseits liegen und deshalb besser unberücksichtigt bleiben.

Gute Abstufungen der Organisationshöhe finden wir im Kreise der Stachelhäuter. Die vier Klassen lebender Echinodermen, nämlich die der Asteriden oder Seesterne, der Crinoiden oder Seelilien, der Echinoiden oder Seeigel und der Holothurien oder Seegurken führen uns in der angegebenen Reihenfolge eine Abstufung vom Niederen zum Höheren vor, und die Ordnungen jeder Klasse zeigen ähnliche Abstufungen. Sehr schön sind diese bei den Seeigeln und Seegurken.

Auch die Klassen des Kreises der Mollusken sind sehr deutlich abgestuft. Auf der tiefsten Stufe stehen die Placophoren oder Käferschnecken. Es folgen der Reihe nach die Muscheln, Schnecken und Kraken (Acephalen, Gastropoden, Cephalopoden).

Der Kreis der Gliederfüsser zerfällt in zwei Unterkreise, nämlich den der Krebstiere und den der Tracheaten; jene stehen entschieden auf tieferer Entwickelungsstufe als diese. Innerhalb jedes Unterkreises finden wir gute Abstufungen, die bis in beträchtliche Einzelheiten hineingehen. So stehen unter den Tracheaten die Protracheaten auf tieferer Entwickelungsstufe als die Myriopoden oder Tausendfüsser, diese auf tieferer als die Spinnentiere, und diese auf tieferer als die Insekten. Unter den Insekten sind auch die zu ihnen gehörigen Ordnungen in deutlich erkennbarer Weise abgestuft, und dasselbe gilt von den Unterabteilungen der Ordnungen. Bei den Schmetterlingen ist die Abstufung sogar bei den Individuen einer und derselben Art nachgewiesen.

Von den beiden Unterkreisen des Kreises der Wirbeltiere steht der der Anamnien auf einer tieferen Stufe als der der Amnioten. Die Klassen der Anamnien, nämlich die der Acranier oder Schädellosen, der Cyclostomen oder Rundmäuler, der Fische und der Amphibien, zeigen in der eben genannten Reihenfolge einen Fortschritt vom Niederen zum Höheren. Dasselbe gilt von den Klassen der Amnioten, nämlich den Reptilien, Vögeln und Säugetieren. Unter diesen letzteren steht die Unterklasse der Monotremen oder Gabeltiere tiefer als die der Beuteltiere, und diese tiefer als die der Plazentaltiere, die die höchste Unterklasse der Säugetiere bilden. Unter den Ordnungen, namentlich der Plazentaltiere, finden wir wieder gute Abstufungen; so steht die Ordnung der Insektenfresser am tiefsten; etwas höher als diese stehen die Ordnungen der Nager und Flattertiere. Auf noch höherer Stufe finden wir die Zahnlosen, während auf den höchsten Stufen die Huftiere, Wale und Sirenen, die Rüsseltiere, Raubtiere, Flossenfüsser und Affen stehen. Diese Ordnungen können wir zwar

schwer auf eine einzige Stufenleiter bringen; aber ihre Angehörigen zeigen unter sich gute Abstufungen. So stehen die Halbaffen tiefer als die Affen. Unter den letzteren stehen die Krallenaffen wieder tiefer als die Breitnasen, und diese tiefer als die Schmalnasen. Die Schmalnasen zerfallen in zwei Abteilungen, unter denen die Hundsaffen tiefer stehen als die Menschenaffen. Auch unter den Menschenaffen lässt sich, wenn auch mit einiger Mühe, eine Abstufung erkennen. Insbesondere steht die Gattung der Gibbons auf einer tieferen Ausbildungsstufe, als die der Schimpansen, Orangs und Gorillas.

Wenden wir uns zu dem Menschen, so sehen wir, dass wir niedere und höhere Arten oder Rassen zu unterscheiden haben, und auch darüber, ob es innerhalb jeder Rasse höher und tiefer stehende Individuen giebt, wird jeder leicht eine Entscheidung in bejahendem Sinne treffen können.

Nach allem müssen wir zu dem Schluss kommen, dass die Organisationstypen der Tiere in der That nach ihrem Formenwert abgestuft sind; aber wir dürfen niemals vergessen, dass es sich bei dieser Abstufung immer nur um den Durchschnitt der zu einer Kategorie gehörigen Formen handelt, dass dagegen die höchsten Formen eines Typus, der durchschnittlich tiefer steht als ein anderer Typus, höher stehen können, als die niederen Formen dieses letzteren Typus.

Bei den Pflanzen finden wir ähnliches, wie bei den Tieren. Im grossen und ganzen stehen, um nur wenige Beispiele anzuführen, unter den Kryptogamen die Thallophyten tiefer als die Bryophyten oder Moospflanzen, und diese tiefer als die Pteridophyten oder Farnpflanzen. Unter den Thallophyten lässt sich eine Abstufung von den Spaltpflanzen bis zu den Armleuchtergewächsen und Fadenpilzen erkennen. Unter den Moospflanzen stehen die Lebermoose tiefer als die Laubmoose, und unter den Farnpflanzen die Farne tiefer als die Schachtelhalme, und diese tiefer als die Bärlappgewächse. Unter den Blütenpflanzen steht die Klasse der Gymnospermen tiefer als die der Angiospermen. In beiden Klassen finden wir Abstufungen vom Niederen zum Höheren. Unter den Angiospermen steht die Unterklasse der Monokotylen im grossen und ganzen tiefer als die der Dikotylen. Diese zerfällt in zwei Gruppen, nämlich die der Choripetalen und Sympetalen, von denen die letzteren eine höhere Formenstufe einnehmen als die ersteren. Auch die Ordnungen der Sympetalen lassen schöne Abstufungen erkennen, so stehen die Campanulinen tiefer als die Aggregaten und unter den letzteren die Dipsacaceen wieder tiefer als die Kompositen. Unter diesen finden wir gleichfalls Abstufungen. Diejenigen Kompositen, die nur Röhrenblüten haben, stehen tiefer als die, welche nur Zungenblüten, und als die, die ausser den Röhrenblüten auch Lippenblüten, die entweder ein- oder zweilippig sein können, aufweisen. Es kommen sogar bei den einzelnen Arten der

Kompositen Abstufungen vor. So finden wir bei dem gemeinen Kreuzkraut (Senecio vulgaris), das in der Regel bloss Röhrenblüten hat, ab und zu auch Lippenblüten. Ebenso wie das Tierreich weist also auch das Pflanzenreich ganz unverkennbare Abstufungen der Typen auf, und zwar wiederum in Bezug sowohl auf die übergeordneten, als auch auf die untergeordneten Kategorieen. Aber auch hier ist wieder zu betonen, dass die Regel der Typenabstufung immer nur für den Durchschnitt der zu den verschiedenen Typen gehörigen Formen gilt.

Unsere Ergebnisse können wir in den für die Entwickelungsmechanik wichtigen Satz zusammenfassen: Die an den Tieren und Pflanzen vollzogene Organisationsarbeit lässt eine deutliche Abstufung ihrer Leistungen erkennen, und zwar so, dass alle Typenkategorieen des Organismensystems aus nächst untergeordneten Kategorieen bestehen, die bezüglich ihres Formenwertes abgestuft sind.

Für die Entwickelungsmechanik ist dieses Ergebnis deshalb von grosser Bedeutung, weil, wie wir sehen werden, die Typen um so später auf der Erde erschienen sind, je höher ihr Formenwert ist. Zu einer hohen Organisationsleistung ist ein grosser Aufwand von Energie nötig, und die eigentümliche Einrichtung des Organismus bedingt es, dass ein auf seine Organisation verwandtes grosses Energiequantum einen grösseren Zeitraum für seine Einwirkung erfordert, als ein kleines. Deshalb gebraucht die stammesgeschichtliche Entwickelung hochwertiger Typen mehr Zeit, als die der niedrigwertigen. Für die Keimesgeschichte gilt dasselbe. Und so sehen wir, dass die wissenschaftliche Systematik der Organismenformen eine notwendige Voraussetzung der Entwickelungsmechanik ist und uns wichtigen Problemen unserer Wissenschaft gegenüberstellt. Diese werden uns in den folgenden Hauptstücken unseres Buches beschäftigen.

Das Ergebnis dieses Abschnittes widerspricht bis zu einem gewissen Grade dem sogenannten Baerschen Gesetz, das sich, in der Zoologie wenigstens, allgemeiner Anerkennung erfreut, so weit man berechtigt ist, die Hochachtung, mit der man von etwas spricht und schreibt, als Anerkennung zu bezeichnen; denn in der Praxis wird das Baersche Gesetz ebenso sehr verleugnet, wie es in der Phrase gepriesen wird.

Karl Ernst von Baer kam nämlich („Über Entwickelungsgeschichte der Tiere," I—II, Königsberg 1828—1837) zu dem Resultat, dass der Typus nichts mit der Organisationshöhe zu thun habe. „Man denke sich nur," schreibt er, „die Vögel hätten ihre Entwickelungsgeschichte studiert, und sie wären es, welche nun den Bau des ausgewachsenen Säugetiers und des Menschen untersuchten. Würden nicht ihre physiologischen Lehrbücher folgendes lehren können? ‚Jene vier- und zweibeinigen Tiere haben viel Embryonenähnlichkeit, denn ihre Schädelknochen sind getrennt, sie haben keinen Schnabel, wie wir in den fünf oder sechs ersten Tagen der Bebrütung; ihre Extremitäten sind ziemlich gleich unter sich, wie die unsrigen ungefähr ebenso lang; nicht eine einzige wahre Feder sitzt auf ihrem Leibe, sondern nur dünne Federstacheln, so dass wir schon im Neste weiter sind, als sie jemals kommen; ihre Knochen sind wenig spröde und enthalten, wie die unsrigen in der Jugend, gar keine Luft; überhaupt fehlen ihnen die Luftsäcke, und die Lungen sind

nicht angewachsen, wie die unsrigen in frühester Zeit; ein Kropf fehlt ihnen ganz; Vormagen und Muskelmagen sind mehr oder weniger in einen Sack verflossen; lauter Verhältnisse, die bei uns rasch vorübergehen, und die Nägel sind bei den meisten so ungeschickt breit, wie bei uns vor dem Auskriechen; an der Fähigkeit zu fliegen haben allein die Fledermäuse, die die vollkommensten scheinen, teil, die übrigen nicht. Und diese Säugetiere, die so lange nach der Geburt ihr Futter nicht selbst suchen können, nie sich frei vom Erdboden erheben, wollen höher organisiert sein als wir?'"

Wenn Baer zeigen wollte, dass die Begriffe Typus und Organisationshöhe nicht verwechselt werden dürfen, so that er Recht daran. Aber seine Begründung lässt noch manches zu wünschen übrig, denn ob z. B. ein Tier fliegen kann, oder ob es scharfe Nägel hat, ist sowohl für den Typus als auch für die Organisationshöhe gleichgültig, sondern betrifft allein die Zunft. Wenn die gelehrten Vögel Baers sich auf ihre Flugfähigkeit und ihre scharfen Krallen etwas einbildeten, so bewiesen sie dadurch höchstens, dass sie Zünftler waren, sich aber über das, was man Organisationshöhe oder Formenwert oder Grad der Ausbildung, und über das, was man Typus zu nennen hat, nicht klar wurden. Dass sie den Säugetieren vorwarfen, sie könnten sich so lange nach der Geburt nicht ihr Futter selbst suchen, war vollends verfehlt; denn Tiere, die sich langsam entwickeln, zeigen dadurch, dass an ihnen mehr zu organisieren ist, als an schnell heranwachsenden. Indessen wird durch diese Ausstellungen der Wert der Baerschen Erkenntnis, dass Typus und Organisationshöhe verschiedene Begriffe sind, nicht beeinträchtigt. Diese Erkenntnis scheint noch nicht Allgemeingut geworden zu sein, denn ganz neuerdings verwechselt noch Driesch die Begriffe Organisationshöhe und Typus (Biol. Centralbl. XVI, S. 359, 1896).

Die Frage nach der Verschiedenheit der Begriffe Typus und Formenwert hat aber nichts mit der Frage zu thun, ob jeder Typus eine gleich niedrige oder gleich hohe Organisation zulässt, wie jeder andere Typus. Und diese Frage ist zu verneinen. Der Typus der Wurzelfüsser lässt die niedrige Organisation einer Amöbe zu, der Typus der Infusorien aber nicht. In dem Typus der Würmer ist der niedrige Formenwert einer geraddarmigen (rhabdocölen) Turbellarie möglich, in dem Typus der Wirbeltiere aber nicht. Der Typus der Scyphozoen duldet nicht den niederen Ausbildungsgrad der Hydra, den sich der Typus der Hydrozoen gefallen lässt. Der Typus der sympetalen Dicotylen gestattet nicht so niedere Blütenformen, wie sie manche zu den Choripetalen gehörige Arten der Gattungen Ranunculus und Anemone aufweisen.

Typus und Organisationshöhe haben, trotzdem sie begrifflich auseinander zu halten sind, also doch etwas miteinander zu thun. Und dies wird durch die Praxis der Systematiker stillschweigend anerkannt. Es fällt keinem Zoologen ein, in einem Lehrbuch die Echinodermen zwischen die Gliedertiere und Wirbeltiere zu stellen, obwohl die Anordnung hier gleichgültig sein müsste, da diese drei Kreise keine stammesgeschichtlichen Beziehungen zueinander haben; und wer die Tracheaten auf die Crustaceen folgen lässt, beginnt die Besprechung der ersteren sicher nicht mit der der Insekten. Man findet auch kein botanisches Lehrbuch, worin auf die Beschreibung der Monokotylen die der sympetalen Dikotylen folgt, oder der die Kompositen behandelnde Teil zwischen dem über die Choripetalen und dem über die übrigen Sympetalen eingeschoben ist.

Was die Praxis der Systematik anerkennt, ist das Resultat unserer theoretischen Untersuchungen: Weil Typus und Formenwert zweierlei ist, können zwar gleichwertige Formen zu verschiedenen Typen, ungleichwertige zu einander nahestehenden Typen gehören; aber nicht jeder Typus lässt beliebig hohe und beliebig tiefe Organisation zu.

Drittes Hauptstück.

Vom Mechanismus der Keimesgeschichte.

1. Regeneration, Teilung und Knospung.

Die Keimesgeschichte der Organismen behandelt, wie ihr Name sagt, den geschichtlichen Verlauf, den die Entwickelung der Organismen aus ihren Keimen nimmt. Der keimesgeschichtliche Teil der Entwickelungsmechanik beschäftigt sich mit den allgemeinen Processen, die hierbei stattfinden, und mit der Art und Weise der Aufeinanderfolge der Keimformen, mit dem Mechanismus der Keimesgeschichte, mit dem Uhr- oder Triebwerk der keimesgeschichtlichen Entwickelung. Er hat vor allem zu untersuchen, ob die keimesgeschichtlichen Umbildungen Neubildungen sind, oder ob das, was uns als Neubildung erscheint, in Wirklichkeit nur Vermehrung und Umordnung schon vorhandener Elemente ist, ob also die Elemente des Organismus schon im Keime vorgebildet sind, oder ob sie neu aus ihm entstehen. Um uns über die hier vorliegenden Probleme Klarheit zu verschaffen, müssen wir die Formen der Fortpflanzung kennen lernen, wobei wir am besten von der Regeneration oder Wiedererzeugung verloren gegangener Körperteile ausgehen.

Es empfiehlt sich, unsere Untersuchungen mit der Betrachtung der Regeneration zu beginnen, weil sich die bei dieser Form der Zeugung stattfindenden Vorgänge oft an ausgewachsenen Organismen vollziehen und sich deshalb besser untersuchen lassen; denn hier liegt eine viel schärfere Sonderung der einzelnen Konstituenten des Körpers vor, als bei Keimformen, namentlich bei den jüngern; der Entwickelungsmechanismus ist hier leichter zugänglich. Durch die Untersuchung der Regenerationsvorgänge bei ausgewachsenen Organismen dürfen wir also erwarten, Auskunft über die Frage zu erhalten, ob es sich dabei um wirkliche oder nur um scheinbare Neubildungen handelt, und diese Auskunft wird für uns von Bedeutung für die Beurteilung der keimesgeschichtlichen Vorgänge im Organismus sein.

Regeneration findet nicht nur oft in der sich selbst überlassenen Natur statt, sondern kann auch experimentell dadurch veranlasst werden, dass man geeigneten Organismen bestimmte Körperteile abschneidet.

Schneidet man Amphibienlarven den Schwanz oder eine Extremität ab, so werden diese Teile regeneriert, und zwar in der Weise, dass z. B. die Wiedererzeugung des verloren gegangenen Teiles des Centralnervensystems von dem zurückgebliebenen aus erfolgt. Ebenso verhält es sich mit anderen Organsystemen. Was von Blutgefässen neu zu bilden ist, geht oder wächst aus den vorhandenen Blutgefässen hervor. Das zu regenerierende Bindegewebe nimmt aus dem nicht entfernten seinen Ursprung. Die Muskelfasern werden von Muskelfasern erzeugt, kurz, es gilt hier im allgemeinen der Satz, das gleiche Gewebe nur gleiche oder ähnliche Gewebe regenerieren.

Immerhin ist den Regenerationsprocessen schon bei Amphibien ein gewisser Spielraum gestattet. So kann bei Molchen ein entferntes Auge wieder wachsen, wobei die einzelnen Teile des Auges nicht von vorhandenen Augenteilen abstammen können, sondern von anderen Organen gebildet werden müssen. Zwar ist die Deutung möglich, dass auch hierbei nur eine Verlagerung schon vorhandener oder seitens ihresgleichen erzeugter kleiner Teile, die sich in der Nachbarschaft aufhalten, stattfindet. Ob diese Deutung richtig ist, werden wir weiter unten näher zu untersuchen haben. Wir werden schon jetzt um so mehr an ihrer Richtigkeit zweifeln, als der den Regenerationsprocessen bei manchen anderen Tieren zugestandene Spielraum bedeutend grösser ist als bei den Amphibien und denjenigen Wirbeltieren, die überhaupt zur Wiedererzeugung verloren gegangener Körperteile befähigt sind.

Wenn man Landschnecken ein Auge samt dem Stück des Tentakels, auf dem es sitzt, durch einen Schnitt nimmt, so entsteht nicht bloss der Tentakel wieder, sondern mit ihm auch das Auge, und dieses wird von der Oberhaut aus gebildet. Freilich entsteht das Auge der Landschnecken auch bei der keimesgeschichtlichen Entwickelung aus der Oberhaut, und wir haben deshalb zu fragen, ob nicht bestimmte Elemente des Körpers, wenn sie auch nicht gerade immer ihresgleichen regenerieren, dennoch nur zu einer Regeneration bestimmter anderer Gewebselemente befähigt sind. Die Antwort auf diese Frage ist für viele Fälle die, dass nur dasjenige Grundgewebe, das bei der keimesgeschichtlichen Entwickelung bestimmte Organe aus sich hervorgehen liess, befähigt ist, diese Organe, falls sie verloren gegangen sind, wieder zu erzeugen. So z. B. vermag beim Süsswasserpolypen (Hydra), der sich durch eine ausserordentlich grosse Regenerationsfähigkeit auszeichnet und aus zwei Körperschichten, aus zwei Kistonten besteht, nur die innere Schicht, das Entoderm, wieder En-

toderm, und nur die äussere, das Exoderm, wieder Exoderm zu erzeugen. Bei einem Wurm, Lumbriculus, dem man das hintere Körperende genommen hat, erzeugt die Oberhaut wiederum die neu zu bildende Oberhaut nebst dem Nervensystem und den Einstülpungen, in denen die Borsten stehen, die unsern Wurm gleich den übrigen Borstenwürmern auszeichnen. Die den Darm auskleidende Zellschicht bringt hier wieder den Darm hervor; Muskeln und andere Organe, die zwischen der Oberhaut und der Darmauskleidung liegen, werden, soweit sie nicht aus einer dieser beiden Häute hervorgehen, aus Zellen gebildet, ähnlich denen, aus welchen die betreffenden Teile bei der keimesgeschichtlichen Entwickelung entstanden waren. Bei dieser entwickelte sich das Nervensystem aber gleichfalls aus der Oberhaut des Embryo, und der Darm entstand aus der innersten Zellschicht des Keimes, die Muskeln und anderen Gebilde aber aus einer Zellschicht, welche sich zwischen den beiden erstgenannten befand. Im grossen und ganzen sind also die Vorgänge, die bei der Regeneration von Lumbriculus stattfinden, ähnliche, wie bei seiner keimesgeschichtlichen Entwickelung. Hier wie dort sind drei Hauptzellschichten vorhanden, aus denen die Organe des Körpers gebildet werden.

Die geschilderten Vorgänge zeigen, dass bei der Regeneration neue Organe von ihresgleichen erzeugt werden oder aus Teilen hervorgehen, denen ähnlich, die schon früher Organe von der Beschaffenheit der regenerierten hervorgebracht haben. Man kann deshalb annehmen, dass die Zellen, aus denen bestimmte Organe regeneriert werden, direkt von ihnen gleichen Zellen abstammen, die auch die Vorfahren derjenigen Zellen waren, die sich bei der keimgeschichtlichen Entwickelung zu den den wiedererzeugten gleichen Organen umbildeten. Aus gewissen Zellen des Keimes gingen einerseits die Zellen specieller Organe hervor, anderseits Zellen, die nicht zur Bildung specifischer Organe verwendet wurden, aber bei der Regeneration verloren gegangener in Thätigkeit treten und deshalb, weil sie den Zellen gleichen, aus denen die verloren gegangenen Organe hervorgegangenen waren, gleich ihnen wieder Organe derselben Art erzeugen. Man könnte also, wie wir schon hier erkennen, auch bei derjenigen Form der Zeugung, bei der es sich um die Entstehung des Organismus aus einer einzigen einkernigen Zelle handelt, annehmen, dass diese Zelle nicht bloss die Zellen, die sich zu specifischen Organzellen umbilden, hervorbringt, sondern auch ihr gleiche oder ähnliche Zellen, aus denen später wieder die Keimzellen für die nächste Generation werden. In der That hat eine dieser Annahme ähnliche Auffassung neuerdings grosse Verbreitung erlangt.

Aber das Rätsel der Vererbung ist dadurch doch nur bis zu einem gewissen Grade der Lösung nähergebracht, weil vor allem noch

die Frage unbeantwortet bleibt, wie die aus einer Zelle entstandenen Teile dazu kommen, sich wieder so anzuordnen, wie es bei den Vorfahren der Fall war. Schon bei der Regeneration sehen wir, dass die regenerierten Zellen wieder dieselbe Ordnung einnehmen, wie die Zellen der verloren gegangenen Teile des Organismus, und bei manchen Tieren geht die Regenerationsfähigkeit so weit, dass ein kleines Körperstück befähigt ist, nahezu den ganzen verloren gegangenen Organismus wiederzuerzeugen. Beim Regenwurm vermag das Hinterende den vorderen Teil, und dieser das Hinterende zu regenerieren. Bei anderen Tieren geht aber die Regenerationsfähigkeit noch viel weiter. Unsern kleinen Süsswasserpolypen, die Hydra, kann man in viele kleine Stücke zerreissen, und aus jedem kann, wenn die Umstände günstig sind, eine neue Hydra entstehen. Ebenso kann man eine Meduse, die Lucernaria, dazu bringen, viele Ihresgleichen zu erzeugen; man braucht sie nur in eine grosse Anzahl einzelner Stücke zu zerschneiden. Auch bei manchen Plattwürmern ist die Regenerationsfähigkeit in ähnlich hohem Grade ausgebildet. In allen diesen Fällen ist ein verhältnismässig kleiner Körperteil befähigt, zahlreiche neue Zellen zu producieren, und diese gewinnen wieder die für den betreffenden Formentypus charakteristische Anordnung. Es liegt also auf der Hand, dass uns nicht damit gedient ist, wenn man sagt, die neu erzeugten Körperteile gehen aus eben solchen Zellen hervor wie die, denen die verloren gegangenen ihren Ursprung verdankten, denn es muss uns auch gezeigt werden, wodurch bei der Regeneration auch die Architektonik des Körpers, die typische Anordnung seiner Konstituenten, wieder erzeugt wird. Wir können diese Frage an dieser Stelle nur aufwerfen, werden aber auf sie zurückzukommen haben, nachdem wir andere Arten der Zeugung kennen gelernt haben.

An die zuletzt betrachteten Fälle von Regeneration, die deshalb beachtenswert sind, weil bei ihnen ein grosser verloren gegangener Teil des Körpers wiedererzeugt wurde, schliessen sich gewisse im Tierreich vorkommende normale Fortpflanzungsweisen an, die man teils als Teilung, teils als Knospung bezeichnet.

Bei der Teilung, die wir bei Urtieren und anderen niederen Tieren, namentlich bei manchen Pflanzentieren und Würmern antreffen, zerfällt der Körper in zwei annähernd gleichgrosse Stücke, von denen jedes die ihm fehlenden Organe auf dem Wege der Regeneration ergänzt. Für diese Ergänzung wird, wie für die Regeneration abnormerweise verloren gegangener Körperteile, der Satz gelten, dass die Konstituenten der neu zu erzeugenden Teile entweder aus ihresgleichen oder aus Konstituenten hervorgehen, die denjenigen Elementen gleich oder ähnlich sind, aus welchen die betreffenden Organe bei der keimesgeschichtlichen Entwickelung entstehen.

Die Teilung ist durch Übergänge mit der Knospung verbunden. Sie kann nämlich ungleich grosse Stücke liefern, und je grösser die Differenz zwischen beiden ist, desto mehr nähern wir uns demjenigen Fortpflanzungsprocess, den man als Knospung bezeichnet. Bei dieser bildet sich aus einem eng umschriebenen Körperteil ein neues Individuum, das sich entweder von seinem Erzeuger loslöst oder auch mit diesem verbunden bleiben kann. Über die bei der Knospung stattfindenden Vorgänge hat die Untersuchung noch nicht in allen Fällen das wünschenswerte Licht verbreitet. Bei den Hydroidpolypen. an deren Körper durch Knospung neue Polypen oder auch Medusen entstehen, wird die Knospung wohl meistens in der Weise erfolgen, dass die Leibeswand dieser Tiere, die zugleich ihre Magenwand ist, — denn die Polypen sind gleich den übrigen Pflanzentieren eigentlich nichts weiter als mit etlichen Organen ausgestattete Mägen, und zwischen ihrem Darm und ihrer Leibeswand befindet sich kein Hohlraum, keine sogenannte Leibeshöhle — eine kleine Ausstülpung bildet, die wir uns dadurch veranschaulichen können, dass wir etwa in einen dehnbaren Strumpf, in dem ein gleichfalls dehnbarer Strumpf von anderer Farbe und Beschaffenheit steckt, hineinfassen und einen kleinen Teil beider Strümpfe durch den Zeigefinger ausdehnen, so dass gleichzeitig beide Strümpfe an der dadurch entstehenden fingerförmigen Ausstülpung beteiligt sind. Die Leibeswand der Hydroidpolypen besteht nämlich aus zwei Körperschichten, Exoderm und Entoderm, die sich beide an der Ausstülpung beteiligen. Freilich ist neuerdings behauptet worden, dass sich die Knospen der Hydroidpolypen aus einer einzigen Zelle entwickeln, eine Auffassung, die aber, wie sich gezeigt hat, auf ungenügende Beobachtungen zurückzuführen ist.

Auch eine eigentümliche Art der Zeugung, die wir bei den Moostieren des süssen Wassers finden und wahrscheinlich der Knospung zuzurechnen haben, hat man neuerdings auf die Umbildung einer einzigen Zelle zurückführen wollen. Es scheint aber, dass es sich bei dieser Art der Fortpflanzung, der sogenannten Statoblastenbildung, um eine Absonderung von mehreren Zellen im Innern des Körpers handelt. Diese Zellen treten zu rundlichen Gruppen zusammen und umgeben sich mit einer eigentümlichen Schale, die von einem Teil der Zellen dieser Gruppe abgeschieden wird. Diejenigen Zellen, die sich an der Schalenbildung nicht beteiligen, sondern sich in zwei Schichten, aus denen sich später ein junges Tier entwickelt.

Eine ähnliche Art der Zeugung, die wir wohl gleichfalls als eine Art Knospung betrachten müssen, findet sich bei den Süsswasserschwämmen. Diese bilden sogenannte Gemmulae, indem eine Anzahl von, wie es scheint, unter sich gleichen Zellen des Schwammkörpers, zu einem kugelförmigen Haufen zusammentreten und sich in eine

centrale Zellenmasse und eine äussere Zellenschicht gliedern. Aus der letzteren geht eine Hülle hervor, aus der der centrale Zellenhaufen später auskriecht, um sich zu einem jungen Schwamm umzugestalten. Da die Schwämme aber aus mehreren Zellenarten bestehen, so haben wir es bei der Bildung der Gemmulae mit einem Fall zu thun, der schon sehr an die Fortpflanzung durch einzelne Keimzellen erinnert.

Teilung und Knospung kommen nicht bloss bei Tieren, sondern auch bei Pflanzen vor, erstere bei niederen, letztere bei fast allen Pflanzen. In den meisten Fällen bleiben die Knospen allerdings mit dem elterlichen Organismus vereinigt, wie es auch bei vielen Tieren der Fall ist. Es giebt auch zur Regeneration befähigte Pflanzen. Unter den Pflanzen sind besonders diejenigen beachtenswert, bei denen aus einer einzigen Zelle ein neuer Organismus wird. Dies ist z. B. bei Begonien der Fall, bei denen einzelne Zellen der Blätter befähigt sind, sich zu einer vollständigen Pflanze ihrer Art zu gestalten.

Solche Vorgänge führen uns zu der Entwickelung aus Keimzellen. Ehe wir auf sie eingehen, haben wir jedoch die Konstruktion des Energidenmechanismus der Zellen kennen zu lernen.

Die Frage, ob die Keimesentwickelung in Neubildung von Teilen oder nur in Vergrösserung schon vorhandener Teile, in Erzeugung von Mannigfaltigkeit, oder nur in Sichtbarwerden von Mannigfaltigkeit besteht, ist die alte Streitfrage zwischen Evolution, oder, besser, Präformation und Epigenesis, eine Frage, die schon die Naturforscher des 17. und 18. Jahrhunderts lebhaft beschäftigte.

Die Präformisten oder Evolutionisten behaupteten, alle Teile des Organismus seien schon im Keim präformiert oder vorgebildet, wie Kelch, Krone, Staubgefässe und Stempel in der Blütenknospe, und die Keimesentwickelung wäre, wie die Ausbildung der Blüte, Auswickelung, Evolution. „Nulla in corpore animali pars ante aliam facta est, et omnes simul creatae existunt,“ sagte ein Hauptvertreter der Präformationstheorie, Albrecht von Haller, in seinen „Elementa Physiologiae“; „nulla est epigenesis“. Ausser Haller waren noch Swammerdam, Malpighi, Leeuwenhoek, Bonnet und Spalanzani hervorragende Anhänger der Evolutionslehre, die schliesslich dahin gelangte, die Keime der Individuen aller Generationen der Tier- und Pflanzenarten, welche die Erde zu bevölkern bestimmt waren, in den durch Gott erschaffenen Stammeltern vorgebildet sein zu lassen. So entstand die Einschachtelungslehre; denn die Keime jeder Generation mussten natürlich in denen der vorhergehenden eingeschlossen sein. Albrecht von Haller berechnete die Anzahl der im Eierstock der Stammmutter Eva eingeschachtelten Menschenkeime auf 200 000 Millionen. Er gehörte zu den Ovisten, nach denen der weibliche Organismus die Keimschachtel ist, während die Animalkulisten das Männchen für den Keimträger hielten.

Als Gegner der Präformationstheorie und Verfechter der Lehre von der Epigenesis, von der Neubildung der Körperteile im Keim, trat im Jahre 1759 der preussische Arzt Caspar Friedrich Wolff in seiner „Theoria generationis“ betitelten Doktordissertation auf. Er konnte sich aber kein Gehör verschaffen und wurde sogar zur Auswanderung gezwungen. Erst in diesem Jahrhundert gelangte seine Lehre zu bald unbestrittener Anerkennung, die ihr aber neuerdings wieder versagt wird.

Als Begründer einer neupräformistischen Schule darf Weismann angesehen werden, dessen Werk „Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung“ (Jena 1892),

gleich seinen früher publicierten und später in einem Bande vereinigten „Aufsätzen über Vererbung und verwandte biologische Fragen“ (Jena 1892), wie es scheint, vielen gefallen hat. Wilhelm Roux (vergl. dessen „Gesammelte Abhandlungen über Entwickelungsmechanik der Organismen“, Leipzig 1895) steht der Weismannschen Auffassung nahe. Andere Forscher huldigen Anschauungen, die zwischen den evolutionistischen und epigenetischen mehr oder weniger in der Mitte stehen. Zu diesen gehören Darwin (vergl. dessen 1868 erschienenes Werk „Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation“), de Vries („Intracellulare Pangenesis“, Jena 1889), O. Hertwig („Die Zelle und die Gewebe“, Jena 1892, „Zeit und Streitfragen der Biologie“, Heft I, Jena 1894), Driesch („Analytische Theorie der organischen Entwickelung“, Leipzig 1894) und andere. Entschiedene Epigenetiker sind Herbert Spencer („Principles of Biology“, 1863), Haeckel („Anthropogenie“, Leipzig 1874, „Systematische Phylogenie“, Bd. I, Berlin 1894), der eine Vermittelung zwischen Präformation und Epigenesis für gänzlich verfehlt erklärt, und etliche andere.

Die Anschauung, dass bei der keimesgeschichtlichen Entwickelung nur ein Teil des Materials der Keimzelle aufgebraucht, ein anderer aber für die nächste Generation reserviert wird, wurde 1878 von Gustav Jaeger ausgesprochen, und zwar im zweiten Teil seines „Lehrbuchs der allgemeinen Zoologie“. Aber erst durch Weismann, der sie unabhängig von Jaeger gewann, erlangte sie unter dem Namen der „Kontinuität des Keimplasmas“ weite Verbreitung (vergl. Weismann, „Die Kontinuität des Keimplasmas als Grundlage für eine Theorie der Vererbung“, Jena 1885).

Theorieen über die feineren Vorgänge bei Regeneration, Teilung und Knospung werden wir später kennen lernen.

2. Die Konstruktion des Energidenmechanismus.

Einen Zellkern mit seiner Hülle von Protoplasma hatten wir Lebensherd genannt. Wir können dafür auch die Bezeichnung Energide adoptieren. Die meisten Zellen bestehen nur aus einer Energide; ihr Leib enthält demnach nur einen Kern.

Will man den Bau eines protoplasmatischen Zellleibes kennen lernen, so hat man zuerst zu untersuchen, ob sich an ihm eine Hautschicht von der central gelegenen Masse unterscheiden lässt. Diese Hautschicht, die nicht mit der Membran, welche die betreffende Zelle vielleicht umschliesst, verwechselt werden darf, besteht dort. wo sie vorhanden ist, aus hellerem, d. h. durchsichtigerem Protoplasma, das gänzlich oder ziemlich frei von kleinen Körnchen. zähflüssig, von glasigem Aussehen ist und des letzteren Umstandes wegen oft Hyaloplasma genannt wird. Sie stellt gewissermaassen einen Schlauch dar, der den Rest der Zelle umschliesst und von manchen Forschern als ein besonderes Organ betrachtet wird. Wer die Ansicht dieser Forscher teilt, würde es hier also mit einer besonderen Kistontenart zu thun haben. Indessen ist der Hyaloplasmaschlauch nicht scharf von dem von ihm eingeschlossenen dunkleren und weniger durchsichtigen, auch nicht ganz so zähen, weil wasserreicheren, und von kleinen Körnchen erfüllten sogenannten Körnerplasma geschieden.

Über den Bau des letzteren, sowie über den des Hyaloplasmas bestehen sehr verschiedene Ansichten.



90.



94.



91.



93.



92.



95.

Fig. 90—95. Struktur des Protoplasmas.

90. Körniger Protoplasmabau nach der Granulatheorie (frei nach Altmann). 91. Wabiger Protoplasmabau nach der Alveolartheorie (frei nach Bütschli). 92. Fädiger Protoplasmabau nach der Filartheorie (frei nach Flemming). 93. Archoplasmastrahlung in einer Lymphzelle der Salamanderlarve (frei nach Flemming). 94. Protoplasmastrahlung in einer in Befruchtung begriffenen Eizelle eines Seeigels (frei nach Selenka). 95. Strahliger Protoplasmabau in einer Pigmentzelle des Hechtes (nach Solger, aus Haacke, „Schöpfung der Tierwelt“).

Es giebt Forscher, die auf den Umstand, dass sich im Protoplasma kleine Körnchen mit dem Mikroskop unterscheiden lassen (Fig. 90), besonderes Gewicht legen und die Anschauung vertreten, dass das Protoplasma der Hauptsache nach nichts weiter sei, als ein Komplex verschiedener Arten von Körnchen oder Granulis, eingebettet in einer indifferenten Grundmasse, und dass die Zusammensetzung aus Körnchen das eigentliche Wesen des Protoplasmas ausmache, dass wir in diesen Körnchen seine Konstituenten, und zwar Elementarorganismen, zu erblicken haben, die durch ihr Zusammenleben den Organismus eines Tier- oder Pflanzenindividuums bilden.

Die sogenannte Körnchen- oder Granulatheorie hat sich ebenso wenig allgemeine Geltung zu verschaffen vermocht, wie die übrigen Theorieen über den Bau des Protoplasmas, die auf die in ihm sichtbaren Körnchen weniger Gewicht legen und andere Eigentümlichkeiten seiner Struktur in den Vordergrund stellen. Unter diesen Theorieen behauptet die Schaum-, Waben- oder Alveolartheorie, der eigentümliche Bau des Protoplasmas bestände darin, dass in einer Grundsubstanz Tropfen einer anderen Substanz eingebettet und so dicht aneinander gedrängt seien, dass daraus eine schaumige oder wabige Struktur resultiere. Über die Eigentümlichkeiten eines solchen Baues können wir uns am besten eine Anschauung verschaffen, wenn wir etwa eine Flasche Bier schnell ausschenken, so dass ein Komplex von sich gegenseitig abplattenden Blasen darin zurückbleibt. Die Flüssigkeit, aus denen die Wände der Blasen bestehen, würde der Grundsubstanz des Protoplasmas entsprechen, während die von den Blasen eingeschlossenen aus Luft bestehenden Körper die Tropfen darstellen würden, die nach der Wabentheorie in der Grundsubstanz des Protoplasmas dicht nebeneinander eingebettet liegen. Ein feiner Seifenschaum würde dem Bau, den das Protoplasma nach der Wabentheorie hat, noch bedeutend näher kommen, und man hat mikroskopische Schäume künstlich dargestellt, mit denen die Struktur des Protoplasmas bei manchen Organismen grosse Ähnlichkeit zu haben scheint (Fig. 91). Nach der Wabentheorie besteht nicht nur das Körner-, sondern auch das Hyaloplasma aus Waben. Die Körnchen des Körnerplasmas sollen in den pyramidalen Ecken liegen, die die Waben miteinander bilden; diese Ecken lassen sich am besten wieder durch das Blasensystem, das beim Entleeren einer Bierflasche darin zurückbleibt, veranschaulichen.

Mit der Wabentheorie hat die Schwamm- oder Gerüsttheorie einige Ähnlichkeit. Denken wir uns nämlich aus einem Wabenwerk, ähnlich dem, das wir in einer Bierflasche gleich nach deren Entleerung antreffen, die zwischen den einzelnen Luftkörpern stehenden Wände so weit beseitigt, dass nur die Ecken und Kanten, in denen die Luft-

körper aneinander stossen, zurückbleiben, und stellen wir uns das Übrigbleibende etwas verdickt vor, so erhalten wir ein Gebilde ähnlich dem des Hornfasergerüstes eines Badeschwammes, einen spongiösen Bau, wie man es genannt hat. Nach der Schwamm- oder Gerüsttheorie besteht das Protoplasma zum Teil aus einem solchen schwammartigen Gerüst, und dieses aus einem Stoff, den man Spongioplasma genannt hat, manchmal aber auch Hyaloplasma nennt. Die Anhänger der Gerüsttheorie deuten also den thatsächlichen Befund, den die Mikroskopie des Protoplasmas ergiebt, anders, als die Vertreter der Wabentheorie.

Von den genannten Theorieen weicht die Fädchen- oder Filartheorie ab, nach welcher das Protoplasma aus einem Konglomerat von durcheinander laufenden Fädchen (Fig. 92), bestehend aus der sogenannten Fädchensubstanz, der Filarmasse oder dem Mitom, und aus einer Zwischensubstanz, der Interfilarmasse oder dem Paramitom, zusammengesetzt ist.

Nach einer weiteren Anschauung endlich besteht das Protoplasma, wenn auch nicht immer, so doch zeitweilig, aus Strahlen, die von dem das sogenannte Centrosoma oder den Polkörper, ein kleines Gebilde, das neben dem Kern in der Zelle liegt, umgebenden Protoplasma, dem Archoplasma, wie man es genannt hat (Fig. 93), ausgehen und in radiärer Anordnung das Protoplasma mehr oder weniger weit, mitunter bis an seine Oberfläche, durchsetzen und in eine Zwischenmasse eingebettet sind (Fig. 94 und 95).

Welche von diesen Theorieen richtig ist, und ob sie nicht alle falsch sind, sind Fragen, die nur durch fortgesetzte Untersuchungen zu lösen sind, denn es handelt sich um Strukturen, die dem mit einem guten Mikroskop bewaffneten Auge zugänglich sind. Eigentlich ist es also falsch, hier überhaupt an Theorieen oder vielmehr Hypothesen zu denken, sofern das in Frage kommt, was sich beobachten lässt. Die Beobachtung hat festzustellen, welche sichtbare Struktur das Protoplasma hat.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass fortgesetzte Untersuchungen über den Bau des Protoplasmas eine Vereinigung der verschiedenen heute nebeneinander bestehenden und von ihren Vertretern vielleicht etwas zu sehr in den Vordergrund geschobenen Anschauungen zu Wege bringen werden. Man kann sich sehr wohl ein Zellenbild vorstellen, das mehrere der erwähnten Strukturen in sich vereinigt. Von einem inneren Punkt, in welchem das Centrosoma gelegen ist, kann man Strahlen ausgehend denken, zwischen denen ein Netzwerk, das sowohl einem wabigen als auch einem spongiösen Bau entsprechen könnte, ausgebreitet ist, und wo die Maschen dieses Netzwerkes zusammenlaufen, könnten sich kleine Körnchen finden, welche die Granula der Granulatheorie darstellen

würden. Wir hätten dann einen radiären Bau mit einem granulären und einem entweder spongiösen oder wabigen Bau vereinigt. Um die Gerüsttheorie mit der Wabentheorie zu versöhnen, könnten wir annehmen, dass es sich freilich oft um einen wabigen Bau handelt, oft aber auch um einen spongiösen, dass die Wabenwände nämlich nicht selten an gewissen Stellen durchbrochen sind. Nur für die Filartheorie wäre in diesem Schema noch nichts geboten; aber wir können uns die Radien zeitweilig von dem Centrosoma losgelöst und mehr oder weniger verbogen und durcheinander geworfen denken. Denn die Struktur des Protoplasmas einer und derselben Zelle ist nicht immer dieselbe. Sie ist Veränderungen unterworfen. Zu gewissen Zeiten mögen sich die Fädchen, welche die Filartheorie annimmt, auch auflösen, so dass dann nur der spongiös-wabig-granuläre Bau zurückbleibt. Später mag dann wieder eine Strahlung in Protoplasma auftreten, die ihrerseits wieder einem Fädengewirre Platz macht. So mag, bei manchen Zellen wenigstens, der eine Zustand des Protoplasmas den anderen ablösen, während andere Zellen dauernd bei



Fig. 96. Zelle aus einem Staubfadenhaar von Tradescantia (frei nach Kühne).

dieser oder jener Struktur verharren. Der wabige Bau wird dort, wo er besteht, in den spongiösen übergehen, wenn sich der Inhalt einzelner Waben, vielleicht dadurch, dass er mit dem benachbarter Waben verschmilzt, stark vergrössert, so dass schliesslich der Wabeninhalt das Übergewicht über die Wabenwandung gewinnt, wodurch dann Zellen wie die vieler Pflanzen, z. B. die in Fig. 96 abgebildete eines Staubfadenhaares von Tradescantia, entstehen; diese bietet ein Bild dar, das wohl nur die Deutung zulässt, dass es sich bei solchen Zellen um einen mit Flüssigkeit erfüllten, von einem Protoplasmaschlauch umschlossenen und von Protoplasmasträngen durchsetzten Hohlraum handelt.

Wie nun auch die Deutung der Protoplasmastruktur, die uns das Mikroskop enthüllt, schliesslich ausfallen mag, so viel steht fest, dass wir gut daran thun, uns möglichst wenig durch vorgefasste Meinungen beeinflussen und unser Urteil nur von gesicherten mikroskopischen Befunden abhängig sein zu lassen.

Die Untersuchungen über den Bau des Protoplasmas würden aber auch dann noch nicht beendet sein, wenn wir das, was mit Hilfe der

vollkommensten Mikroskope dereinst darin sichtbar sein wird, genau kennten. Zur mikroskopischen Untersuchung muss die schon heute stark gepflegte und mit jener vielfach vereinigte chemische kommen. Die Resultate, welche die Chemie des Protoplasmas bis heute zu Tage gefördert hat, sind aber noch so wenig greifbare, dass wir nicht weiter auf sie eingehen wollen. Worauf die chemische Untersuchung in Zukunft besonders gerichtet sein, was sie als ihr Ziel betrachten muss, das ist eine genaue Kenntnis von allen denjenigen Processen, die sich im Protoplasma abspielen. Diese werden wahrscheinlich ein kompliciertes System, eine weitläufige Maschinerie von Molekülen darstellen. Das Ideal einer chemischen Kenntnis des Protoplasmas wäre eine der Natur genau entsprechende Feststellung der Verteilung verschiedenartiger Moleküle im Zellleibe, der Anordnung der Atome in diesen Molekülen, und des Gleichgewichtssystems, das die Moleküle bei völliger Ruhe darstellen, sowie der Tänze, die sie miteinander aufführen, und der Wege, welche die Atome, die sich von den Molekülen loslösen, und die, welche sich an sie angliedern, von einem Molekül zum andern beschreiben. Das folgende Bild mag eine vielleicht annähernd richtige Darstellung von der chemischen Struktur des Protoplasmas und von den Veränderungen, denen seine Moleküle unterworfen sind, geben: Ein Rasenplatz ist von einer Einzäunung umschlossen. Er soll eine Zelle, die Einzäunung eine diese umschliessende Membran darstellen. Sie hat verschiedene Öffnungen. Auf dem Rasenplatz befindet sich eine Anzahl Gruppen buntgekleideter Menschen; die Angehörigen jeder Gruppe reichen einander die Hände, und zwar hier in dieser, dort in jener Weise, so dass die Figuren der Gruppen sehr verschiedenartig sind, wenn auch immer mehrere Gruppen einander gleichen. Die verschiedenen Arten von Gruppen unterscheiden sich nicht bloss durch die verschiedenen Figuren, die sie bilden, sondern auch durch die Farben der Anzüge, welche die die Figuren bildenden Menschen tragen, aber nicht in der Weise, dass nicht dieselben Farben bei den verschiedenen Arten der Figuren wiederkehrten, sondern so, dass die Farbenkombinationen der Figurenarten voneinander verschieden sind. Die Figuren sollen chemische Moleküle, die einzelnen Menschen in ihnen deren Atome darstellen. Im Anfang befinden sich die Figuren in Ruhe und nehmen eine bestimmte Stellung gegeneinander ein. Dann aber treten durch gewisse Pforten der Einfriedigung anders geformte Figuren, die sich bisher ausserhalb des Geheges befunden haben, ein. Jede dieser eintretenden Gruppen von Menschen, bei denen wir dieselben Kleiderfarben, wenn auch in anderer Kombination wiederfinden, wie bei den Figuren im Gehege, geht auf eine der letzteren zu und reisst einen oder mehrere Menschen aus ihr heraus, indem sie selbst einen oder mehrere ihrer

Angehörigen in dieser Gruppe zurücklässt. Die vorher schon im Gehege befindliche, nunmehr aber etwas veränderte Gruppe macht es ebenso mit einer benachbarten, die ihrerseits dem gegebenen Beispiel folgt. Die in das Gehege getretene Gruppe, die eins oder mehrere Mitglieder eingebüsst, dafür aber eins oder mehrere andere erhalten hat, setzt ihren Weg durch das Gehege fort, und so entsteht ein buntes Durcheinander, das aber einer bestimmten Ordnung nicht entbehrt, sei diese nun eine periodische, eine perigenetische, oder eine sich fortschreitend verändernde, eine epigenetische. Dafür, dass neue Gruppen von bestimmte Figuren bildenden Menschen in das Gehege eintreten, wird dieses von anderen Gruppen, die aber sowohl von den eintretenden, als auch von den ursprünglich im Gehege befindlichen verschieden sind, verlassen.

Wir haben hier ein Bild, das uns einigermaassen eine Vorstellung davon geben mag, wie es im Protoplasma hergeht. Der Entwickelungsmechanik in Verbindung mit der Physiologie liegt die Aufgabe ob, die komplicierten, aber dennoch geordneten Tänze festzustellen, welche die Moleküle und Atome im Protoplasma aufführen, sei dieses in periodischer oder in epigenetischer Umbildung begriffen, und sie mit denjenigen chemischen Vorgängen in Verbindung zu bringen, die sich in dem von dem Protoplasma umschlossenen Kerne, sowie in den durch die Thätigkeit von Kern und Protoplasma gebildeten Produkten des Lebensprocesses der Zelle abspielen.

Von grösseren Protoplasmamassen können wir eigentlich nur bei solchen Zellen sprechen, die als Konstituenten von Tier- oder Pflanzenkörpern auf einer tiefen keimesgeschichtlichen Entwickelungsstufe stehen, sowie bei den Zellen, aus denen die Leiber mancher niederster Tiere und der vieler Pflanzen aufgebaut sind. Wo wir es indessen im Tierreich mit Muskel- und Nervenmasse, mit Drüsen, Knorpel- und Knochensubstanz, mit dem Stoff, aus welchem die Sehnen bestehen, sowie mit denen der Oberhaut, der Hörner, der Haare, der Krystalllinse des Auges und vieler anderer Organe zu thun haben, oder im Pflanzenreiche mit dem Stoffe der Zellmembranen, nämlich der Cellulose, weiterhin mit den Einschlüssen des pflanzlichen Protoplasmas, z. B. den Chlorophyll- und Stärkekörnern, den Krystalloiden und anderen Gebilden, da haben wir entweder aus dem Protoplasma ausgeschiedene oder durch Umbildung des Protoplasmas entstandene Stoffe, also jedenfalls kein Protoplasma, sondern Protoplasmaprodukte vor uns, die auch, wie z. B. in den quergestreiften Muskelfasern, in bestimmter Weise angeordnet sein können. Bei Pflanzen behauptet sich das Protoplasma auch nach Vollendung des keimgeschichtlichen Entwickelungsprocesses in bedeutender Masse in vielen Zellen. Bei Tieren, die ihre keimesgeschichtliche Entwickelung hinter sich haben, tritt es

dagegen in den meisten Zellen mit Ausnahme derjenigen, welche später die Keimzellen liefern, hinter den von ihm ausgeschiedenen oder durch seine Umwandlung entstandenen Produkten zurück. Dem chemischen Teil der Entwickelungsmechanik und Physiologie erwächst die Aufgabe, die chemische Zusammensetzung der Protoplasmaprodukte zu studieren und die Processe zu erforschen, durch welche die Protoplasmaprodukte zustande kommen, sowie die, welche sich innerhalb dieser Produkte, z. B. innerhalb der quergestreiften Muskelfasern, der pflanzlichen Cellulose, der roten Blutkörperchen der Wirbeltiere, des Knorpels, der Nervenmasse und anderer Substanzen des Organismus abspielen. Über den Chemismus dieser Substanzen ist noch nicht allzuviel bekannt, so dass wir nicht näher darauf eingehen wollen.

Es handelt sich ja für uns in erster Linie darum, dass wir auf die Bedeutung hinweisen, welche die Chemie des Organismus für die Entwickelungsmechanik besitzt. Mit Rücksicht darauf haben wir vor allem zu betonen, dass die Protoplasmareste, die in Organen, welche sich durch ihre chemische Beschaffenheit voneinander unterscheiden, enthalten sind, den chemischen Verschiedenheiten der Organe entsprechende Differenzen aufweisen müssen, wenigstens in Bezug auf etliche der zu der Bildung von Protoplasmaprodukten führenden chemische Processe, die sich in ihnen abspielen. Die Zellen stellen gewissermassen chemische Fabriken dar, denen entweder dieselben oder verschiedene Rohstoffe zugestellt werden, die aber jedenfalls verschiedene Erzeugnisse, sei es als Nutz-, sei es als Abfallprodukte, liefern. Der wissenschaftlichen Systematik der Organismenformen, insbesondere derjenigen ihrer Teile, der sich mit der Zusammensetzung der Organismen befasst, liegt die Aufgabe ob, zu untersuchen, wo eine solche chemische Fabrik im Organismus gelegen, und wie sie anderen gegenüber orientiert ist. Sie hat ferner zu fragen, ob nicht verschiedene solcher Fabriken zusammengehörige Komplexe bilden, die ihrerseits wieder zu übergeordneten Komplexen vereinigt sind, und Physiologie und Entwickelungsmechanik haben alle diejenigen periodischen bezw. fortschreitenden Veränderungen des Organismus, die durch chemische Processe zustande kommen, auf die Anordnung der kleinen chemischen Fabriken, die wir in den Zellen des Organismus vor uns haben, zurückzuführen.

Zu einer eingehenden Kenntnis der Struktur und chemischen Beschaffenheit des Protoplasmas muss eine ebenso genaue der Zellkerne kommen. In diesen hat man eine Anzahl verschiedener Substanzen unterschieden, die aber bezüglich ihrer chemischen Konstitution noch sehr ungenügend bekannt sind.

Zwei sich in allen Kernen findende Arten von Substanzen, die aber vielleicht bei Kernen verschiedener Zellen verschieden sein werden,

sind das Nuklein oder Chromatin und das Paranuklein oder Pyrenin. Ausser diesen finden sich meist noch das Linin, der Kernsaft, und das Amphipyrenin.

Das Nuklein oder Chromatin färbt sich mit gewissen Farbstoffen in charakteristischer Weise. Es bildet in gewissen Zuständen der Zelle kleine, mehr oder weniger unregelmässig geformte, in anderen Zuständen mehr regelmässig gestaltete Gebilde. Das Paranuklein oder Pyrenin bildet kleine Kügelchen, die im Gegensatz zum Kern oder Nukleus sogenannten Nukleolen oder Kernkörperchen, die im Kern in der Ein- oder in einer Mehrzahl enthalten sein können. Das Linin ist der Stoff, aus dem die Fäden, die oft im Kern ein Netz- oder Gerüstwerk bilden, bestehen, während der Kernsaft die aus Nuklein, Paranuklein und Linin bestehenden Substanzen umspült, und das Amphipyrenin die Membran bildet, die den Kern nach aussen abgrenzt und von dem ihn umgebenden Protoplasma trennt.



97. 99. 98.

Fig. 97—99. Zellkernstrukturen.

97. Kern eines (einzelligen) Geisseltieres (Ceratium tripos, nach Bütschli). 98. Kern aus dem Wandbelag des Embryosackes der Kaiserkrone (Fritillaria imperialis, nach Strasburger). 99. Kern aus einer Speicheldrüsenzelle einer Chironomuslarve (nach Balbiani).

Fig. 97 stellt den Kern eines Geisseltieres, Ceratium tripos, dar, dessen Gerüstsubstanz einen spongiösen oder vielleicht auch wabigen Bau hat. Das Nuklein liegt dem aus Linin bestehenden Kerngerüst in Gestalt von kleinen Körnchen an. Einen ähnlichen Bau zeigt der Kern (Fig. 98) einer Zelle aus dem Wandbelag des sogenannten Embryosackes der Kaiserkrone (Fritillaria imperialis). Hier sind auch sechs teils grössere, teils kleinere Nukleolen oder Kernkörperchen sichtbar. Sehr merkwürdig ist die Struktur des Kernes aus der Speicheldrüse einer Chironomuslarve (Fig. 99). Er hat, dauernd, wie es scheint, einen Bau, wie ihn andere Zellen nur vorübergehend annehmen. Er birgt einen einzigen langen, etliche Windungen bildenden Kernfaden, der mit jedem seiner Enden an ein Kernkörperchen anstösst und aus Scheiben, die abwechselnd schwer und leicht färbbar sind, zusammengesetzt ist. Schwer zu deuten sind die beiden Ringe, deren jeder den Kernfaden in bestimmtem und dem des anderen gleichen Abstande von einem der beiden Nukleolen umgiebt.

Im übrigen erinnert der Kernfaden sehr an die Struktur von Kernfäden, die sich vorübergehend in anderen Zellen bilden.

Neben dem Kern sind neuerdings in vielen Zellen die schon oben erwähnten Polkörperchen oder Centrosomen entdeckt, die, abgesehen von manchen Urtieren und niedersten Pflanzen, vielleicht den wenigsten pflanzlichen und tierischen Zellen fehlen. Sie sind sehr klein, in tierischen Zellen, wie es scheint, meistens nur in der Einzahl, in pflanzlichen durchweg wohl in der Zweizahl vorhanden, in welch letzterem Falle sie dicht nebeneinander liegen, und bilden gewissermaassen Centren, sowohl in den sich teilenden als auch in manchen ruhenden Zellen, z. B. in der auf S. 137 Fig. 95 abgebildeten Pigmentzelle eines Hechtes, wo vom allerdings unsichtbaren Centrosoma Strahlen ausgehen, deren Anordnung sich durch die ihr wahrscheinlich passiv folgende des Pigmentes kund giebt.



100.



101.

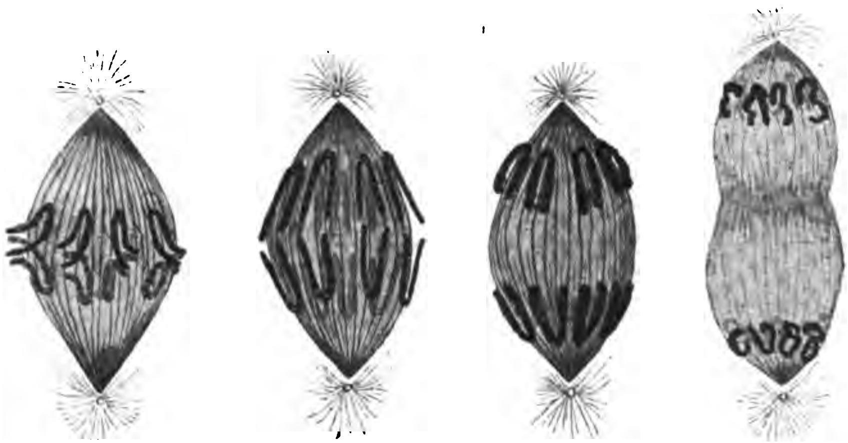
Fig. 100—101. Anfangsstadien des Kernteilungsprocesses in schematischer Darstellung.
100. Kern mit ungeteiltem Kernfaden (frei nach Flemming). 101. Kern mit doppeltperlschnurförmigem Kernfaden im Beginn der Segmentirung in Kernschleifen (in Anlehnung an ein Schema nach Flemming bei O. Hertwig).

Der Kern ist in noch nicht ausgebildeten Geweben bedeutenden Veränderungen unterworfen. Zu Zeiten, nämlich dann, wenn er sich zur Teilung anschickt, ordnen sich seine Nukleinkörnchen zu einem langen Faden (Fig. 100), der sich später sowohl der Quere nach teilt als auch der Länge nach spaltet und dadurch in eine bestimmte Anzahl von Stücken, die im übrigen untereinander gleich sind, zerfällt. Ausserdem bildet sich an der vom ruhenden Kerne eingenommenen Stelle ein Komplex von Fäden, die bei der Kernteilung eine Rolle spielen. In die Teilung greift auch das Centrosoma ein, das von einer Sonne plasmatischer Strahlen umgeben ist. Die typischen Vorgänge der Zellteilung sind die folgenden: Der Kernfaden zeigt, namentlich in Pflanzen-, aber auch in manchen Tierzellen, eine Zusammensetzung aus leicht und schwer färbbaren Scheibchen. Von den leicht färbbaren, die mehr oder minder kugelförmige Gestalt bekommen

können, nimmt man an, dass sie aus den färbbaren Körnchen hervorgehen, aus den Chromatinkörnchen, die wir in nicht in Teilung begriffenen Kernen sehen. Wie sich dieser Faden aber bildet, und welche Elemente ausser den Chromatinkörnchen an seiner Bildung teilnehmen, darüber gestatten unsere Kenntnisse nicht, uns völlig befriedigende Vorstellungen zu machen. Manchmal zeigt der Kernfaden schon frühzeitig die oben erwähnte Spaltung, die ihn seiner ganzen Länge nach durchzieht. Neben dieser Längsspaltung finden wir auch nicht selten schon den Beginn der Querteilung in gleich lange Stücke angedeutet. Schreitet die Querteilung des Kernfadens weiter vor, so entstehen dadurch die sogenannten Chromosomen, Kernsegmente oder Kernschleifen, die, falls der Kernfaden schon vorher eine Längsspaltung aufwies, aus zwei parallelen Stücken bestehen oder, wenn dies nicht der Fall war, später in solche zerfallen, wobei die Chromatinscheibchen oder Chromatinkörnchen, die in ihnen liegen, eine Teilung erfahren. Fig. 101 zeigt uns das Schema eines Teilungsstadiums, das sich durch eine dreifache Gliederung des Kernfadens auszeichnet; erstens durch beginnende Längsspaltung, zweitens durch Anfänge von Querteilung und drittens durch Bildung distinkter Nukleinkörnchen, die wegen der Längsspaltung des Fadens an eine doppelte Perlschnur erinnern. Wenn die Querteilung und Längsspaltung des Kernfadens ungefähr so weit fortgeschritten ist, dass man von einzelnen der Länge nach gespaltenen Kernschleifen oder Kernsegmenten sprechen kann, haben im Kern und in dessen Umgebung andere Processe stattgefunden. Die Membran des Kernes ist geschwunden, und an der Stelle, wo vorher der ruhende Kern lag, sehen wir nun ausser den Kernschleifen eine spindelförmige aus Fasern oder Fäden gebildete Figur, an deren beiden Enden je ein Polkörperchen oder Centrosoma steht, hervorgegangen aus einer Zweiteilung des ursprünglichen Centrosomas, dessen beide Tochtercentrosomen auseinander gewichen sind. Jedes Centrosoma wird zum Mittelpunkte einer Strahlung, die sich sowohl in das Protoplasma, als auch in jene Gegend der Zelle erstreckt, wo der ruhende Zellkern lag. Ob die Fasern oder Fäden, aus welchen die nunmehr an dessen Stelle stehende Spindelfigur gebildet ist, aus dem Kerne oder aus dem Protoplasma hervorgehen, oder ob sich sowohl Elemente des Kernes als auch solche des Protoplasmas an der Bildung der Kernspindel beteiligen, bedarf noch genauerer Untersuchung; die Strahlungen im Protoplasma gehen jedenfalls aus diesem hervor. Sobald sich die Kernspindel gebildet hat, ordnen sich die Kernschleifen in deren Äquatorialebene an, und die beiden parallelen Hälften jeder Kernschleife, die durch die Längsspaltung des ursprünglichen Kernfadens entstanden sind, weichen nunmehr auseinander. Jede von ihnen strebt dem ihr zunächst gelegenen

Spindelpole zu, wie unsere Figuren 102 bis 104 es zur Anschauung bringen. Während die Kernschleifen bis jetzt deutliche Umrisse gezeigt haben, werden diese nunmehr wieder undeutlich, wie Fig. 105 es schematisch darstellt, und die aus der Teilung der Kernschleifen oder Kernsegmente hervorgegangenen Tochtersegmente vereinigen sich an jedem Spindelpole zu einem Kern, der sich mit einer Membran umgiebt, und dem Kern, aus welchem er hervorgegangen ist, gleicht, insbesondere auch einen nur wenig befriedigenden Einblick in seine Struktur gestattet.

Die Fasern der Kernspindel haben sich inzwischen zurückgebildet, ebenso die von den Centrosomen ausgehenden Strahlen im Protoplasma. Welche Rolle diese und die Spindelfasern spielen, darüber gehen die Anschauungen noch weit auseinander und werden erst neue Untersuchungen Licht verbreiten.



102. 103. 104. 105.

Fig. 102—105. Schemata von Kernteilungsstadien (frei nach Flemming).

Sehr beachtenswert ist der Umstand, dass die Anzahl der Kernschleifen, die aus Querteilungen des Kernfadens hervorgehen, für jede Tier- und Pflanzenart eine bestimmte zu sein scheint und nur geringen Schwankungen unterworfen ist. Bei verschiedenen Arten ist sie indessen verschieden gross. Es kommt auch gelegentlich vor, dass die Tiere einer Art sich in Bezug auf die Anzahl ihrer Kernschleifen in zwei Rassen sondern, von denen die eine nur halb so viel Kernschleifen hat wie die andere. Aber auch hier ist die Anzahl der Kernschleifen, in welche die Zellen eines und desselben Organismus zerfallen, eine bestimmte, wenn auch gelegentlich Schwankungen vorkommen können.

Von der geschilderten Art der Kernteilung, die man als karyokinetische oder mitotische bezeichnet, unterscheidet sich die amitotische

dadurch, dass der Kern einfach ohne besondere Veranstaltungen in zwei oder mehr Stücke zerfällt. Von solchen amitotischen Zellteilungen wird neuerdings, wenn auch nicht unbestrittenerweise, angenommen, dass sie nur bei degenerierenden Zellen vorkommt. Anders als die mitotische Kernteilung sind auch die Kernteilungsvorgänge bei manchen niederen Organismen beschaffen, auf die wir aber nicht näher einzugehen brauchen. Eine weitere Art der Kernteilung hat man als sogenannte Reduktionsteilung unterschieden. Wir werden diese demnächst kennen lernen.

Der Kernteilung folgt meistens eine Zellteilung, eine Teilung des Zellleibes. dem der betreffende Kern angehört. Sie braucht es aber nicht zu thun. In den Fällen. wo sie stattfindet, scheinen sich hauptsächlich die vom Centrosoma ausgehenden Protoplasmastrahlen an ihrem Zustandekommen zu beteiligen, wenn auch die Art und Weise ihrer Wirkung noch nicht aufgeklärt ist. Aus der Zellteilung können entweder gleich oder ungleich grosse Teilstücke hervorgehen. In manchen Fällen geht der Teilung des Zellleibes eine Bildung vieler Kerne voraus, von denen sich dann jeder mit einem Protoplasmabezirk umgiebt; die Protoplasmabezirke können sich dann dadurch voneinander abgrenzen, dass zwischen ihnen eine Bildung von Zellwänden zustande kommt (S. 55, Fig. 14 und 15). Die Bildung von Zellwänden kann aber auch unterbleiben, in welchem Falle der Zellleib in ebenso viele kleine Zellen zerfällt, wie Kerne vorhanden sind, eine Art der Fortpflanzung, die wir bei manchen niederen Tieren und Pflanzen, so z. B. bei den Kammertieren, antreffen.

Durch die oben erwähnte sogenannte Reduktionsteilung wird die Anzahl der Kernschleifen, die für alle Kerne einer Tier- oder Pflanzenart typisch ist, auf die Hälfte herabgesetzt, wodurch die befruchtungsfähigen Keimzellen, die Eier und Samenzellen der Tiere, gebildet werden. Die Processe, um die es sich dabei handelt, haben aber verschiedene Deutungen erfahren. Für die theoretische Verwertung der Reduktionsteilung kommt zunächst der Umstand in Betracht, dass diese Reduktion der Befruchtung der Eizelle durch ein Spermatozoon, wobei dieses in jene eindringt, voraufgeht. Dadurch wird nämlich die Anzahl der Kernschleifen wieder auf die ursprüngliche Höhe gebracht. Wäre keine Reduktion der Anzahl der Kernschleifen eingetreten, hätte z. B. in einem bestimmten Falle das Ei sowohl als das Spermatozoon vier Kernschleifen, so würde durch das Eindringen des Spermatozoon in das Ei die Anzahl der Kernschleifen verdoppelt. Das befruchtete Ei würde also zweimal so viel Kernschleifen aufweisen, als die typische Anzahl beträgt, und es müssten nun Vorgänge eintreten, durch die die typische Anzahl wieder hergestellt wird. Die Vorgänge, die eine Erhaltung dieser Anzahl trotz

der Befruchtung zur Folge haben, finden aber wohl meistens schon vor der Befruchtung statt.

Bei der Befruchtung spielen die Centrosomen, die wir als Begleiter der Zellkerne kennen gelernt haben, eine Rolle, die indessen noch nicht völlig aufgeklärt ist. Auf Grund von Untersuchungen über die Befruchtung der Seeigeleier war man zu der Ansicht gekommen, dass sowohl der Kern der Eizelle als auch der der Samenzelle von je einem Centrosoma begleitet würde, und dass die Befruchtung auf die Weise erfolge, dass sich Kern mit Kern und Centrosoma mit Centrosoma vereinige, so dass alle Zellen, die von der befruchteten Eizelle abstammen und den Körper des Individuums, das sich aus ihr entwickelt, aufbauen, in Bezug sowohl auf die Elemente ihrer Kerne, als auch auf die ihrer Centrosomen einen väterlichen und einen mütterlichen Anteil besitzen. Man hatte nämlich Beobachtungen von Befruchtungsvorgängen gemacht, wobei die Vereinigung der Centrosomen nicht sofort nach der Befruchtung zu erfolgen schien. Es sah vielmehr so aus, als ob jedes Centrosoma, also sowohl das des Eikerns, als auch das des Samenkerns, sich zunächst teile, und dass sich dann je eine Hälfte des Eicentrosomas mit je einer Hälfte des Samencentrosomas vereinige. Die Richtigkeit der betreffenden Beobachtungen wird aber neuerdings angefochten, und es wird behauptet, dass die Eizelle zur Zeit ihrer Befruchtung überhaupt kein Centrosoma habe, sondern dass dieses zu Grunde gegangen sei, und dass das Centrosoma der befruchteten Eizelle allein von dem Spermatozoon geliefert werde. Demnach sollen die Centrosomen der Zellen, die sich aus der befruchteten Eizelle entwickeln, sämtlich vom Vater herstammen. Wir dürfen indessen nicht vergessen, dass, falls sich auch das Centrosoma der Eizelle, das nach einer Ansicht übrigens das einzige in der in Befruchtung begriffenen Eizelle vorhandene ist, in deren Protoplasma aufgelöst hat, die Substanz, aus der es bestand, noch in irgend einer Form im Eiprotoplasma enthalten sein muss, und dass es sehr wohl möglich ist, dass das durch das Spermatozoon in die Eizelle eingeführte Centrosoma Elemente des weiblichen Protoplasmas in sich aufnimmt, dass also die Eizelle, bei der der Befruchtungsprocess vollzogen ist, wieder ein Centrosoma hat, das sowohl väterliche als mütterliche Elemente enthält.

Auf die hier in Betracht kommenden Fragen ist deshalb besonderes Gewicht zu legen, weil sie eine grosse Rolle in dem Streit um die Träger der Vererbung spielen.

Während man früher vielfach annahm, dass derjenige Teil der Keimzellen, an den die Vererbung gebunden ist, im Protoplasma enthalten sei, neigen die meisten neueren Theoretiker zu der Ansicht, dass das Protoplasma keine Rolle bei der Vererbung spiele, sondern dass wir in den Kernsubstanzen die Träger der Vererbung zu erblicken

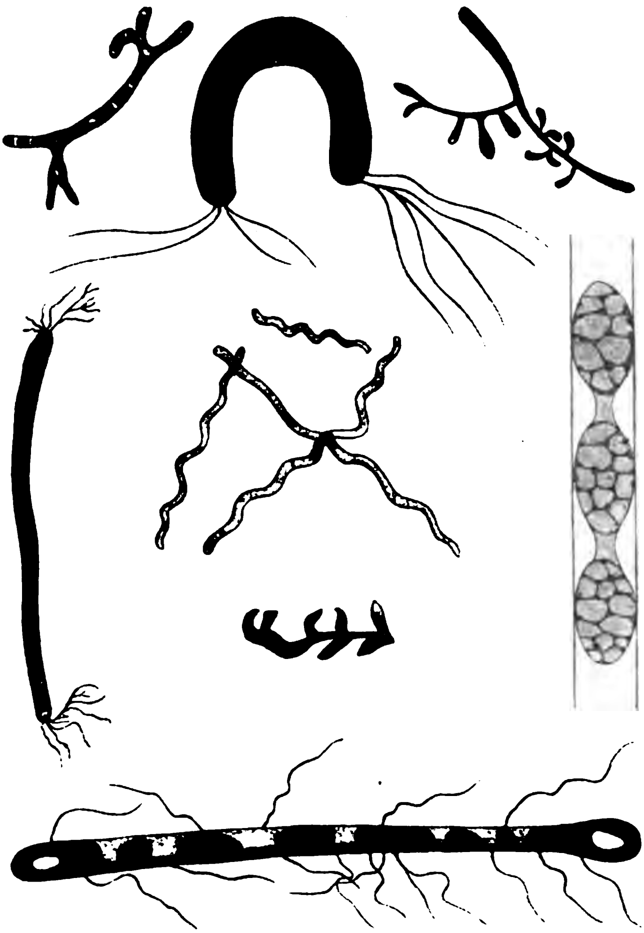
haben. Insbesondere nimmt man die färbbare Substanz, aus welcher die Kernschleifen bestehen, hierfür in Anspruch. Ebensowenig aber, wie man früher Beweise für die Richtigkeit der Anschauung, wonach das Protoplasma allein Träger der Vererbung sei, liefern konnte, weiss man heute solche für die Behauptung beizubringen, dass die Übertragung erblicher Eigenschaften ausschliesslich dem Kerne zukomme. Es sind denn auch mehrere Stimmen laut geworden, die weder das Protoplasma noch den Kern allein als Träger der Vererbung gelten lassen wollen, sondern die Anschauung zu begründen suchen, dass sowohl der Kern als auch das Protoplasma notwendig sei, die Vererbung zu bewirken. Doch lässt sich auch diese Anschauung nicht beweisen. Alles, was heute möglich ist, besteht darin, dass man zeigt, wie sich auf Grund der einen oder der anderen Anschauung eine Theorie der Vererbung ausnimmt, und das ist von verschiedenen Seiten geschehen.

Es ist nicht unmöglich, dass man noch einmal dazu gelangen wird, in den Kernen der Zellen Organismen zu erblicken, die mit den Bakterien vergleichbar sind, in welchem Falle man allerdings annehmen müsste, dass diese letzteren nur einen Zellkern ohne Protoplasma repräsentieren. Man hat nun zwar in den Bakterien, wie wir zu erwähnen haben, neben einer färbbaren Masse, die an Quantität sehr bedeutend ist und als Kernsubstanz angesehen wird, eine nicht färbbare, die man als Protoplasma betrachtet, gefunden. Aber wenn wir bedenken, dass der Kern gewöhnlicher Zellen doch auch nicht vollständig von färbbarer Substanz ausgefüllt wird, so werden wir auf diese Deutungen kein allzugrosses Gewicht legen und vielmehr annehmen, dass sie einem gewissen Schematismus zu Liebe vorgebracht worden sind, nämlich zu Gunsten der Anschauung, wonach alles aus Zellen und eine Zelle immer aus Kern und Protoplasma besteht. Ausserdem hat man bei den Bakterien nichts, was einem Centrosoma ähnlich sähe, gefunden. Dagegen ist schon mehrfach auf die Ähnlichkeit gewisser Formen von Bakterien (Fig. 106—113) mit gewissen Formen des Zellkernes hingewiesen worden. Ebenso, wie es verzweigte Kerne (Fig. 108 über 113) giebt, giebt es verzweigte Bakterien (Fig. 106—107), und bei ihrer Fortpflanzung zeigen die Bakterien Formen, wie wir sie auch bei der Kernteilung finden. Man möchte deshalb auf den Gedanken kommen, dass ein einfaches Bakterium bald einer Kernschleife, bald einem jener färbbaren Scheibchen oder Körnchen entspricht, die wir im Kernfaden des in Teilung begriffenen Kernes angetroffen haben. Was freilich mit diesen Gebilden während des sogenannten Ruhezustandes des Kernes vor sich geht, darüber haben auch die sorgfältigsten Beobachtungen noch keine sichere Auskunft gegeben. Es ist möglich, dass sich die Chromatinkörner während dieses Stadiums vollständig von-

einander trennen und erst später wieder zu einem Kernfaden vereinigen. Anderseits wird aber angenommen, dass die Kernschleifen auch im ruhenden Kern, wenn auch in einer nicht ganz deutlich sichtbaren Form, persistieren, dass ihnen also eine dauernde Individualität

106. 110. 107.

111. 112.



113.

Fig. 106—113. Struktur von Bakterien.

106. Verzweigtes und mit Vakuolen versehenes Individuum des Erregers der Tuberkulose (der nach neueren Forschungen vielleicht kein echtes Bakterium, sondern ein vielgestaltiger Pilz ist, nach Coppen-Jones). 107. Verzweigtes Individuum des Tuberkuloseerregers aus einer Kultur auf Glycerin-Agar (nach Hugo Bruns). 108 (über 113). Verzweigter Zellkern aus einem Beine einer halberwachsenen Phronimella (frei nach Korschelt). 109 (unter 110). Vier Individuen von Spirillum rubrum (frei nach Migula). 110. Ein (mit Geisseln versehenes) Individuum von Spirillum undula mit geteiltem Centralkörper (nach Alfred Fischer). 111. Spirillum serpens (aus Hueppe, nach Photogramm von Neuhaus). 112. Fadenstück von Cladothrix dichotoma (nach Bütschli). 113. Bacillus solmsi (geisseltragend) mit zerfallenem Inhalt (aus Hueppe, nach einer Zeichnung von A. Fischer).

zukomme. Aber diese Annahme ist nur eine, die theoretischen Anschauungen zu Liebe gemacht ist und deshalb nicht als Thatsache hingestellt werden darf. Wie sich die Elemente des ruhenden zu denen

des sich teilenden Kernes verhalten, darüber können nur neue Untersuchungen Aufschluss geben.

Sollten neue Forschungen zu dem Ergebnis führen, dass die Chromatingebilde des Kerns mit Bakterien vergleichbar sind, gleich diesen dauernde Individualität besitzen und im Protoplasma ein ähnliches Leben führen, wie Bakterien in ihrer Nährsubstanz, so würde man dennoch nicht behaupten können, dass die Chromatingebilde allein die Träger der Vererbung seien. Denn es wäre noch zu untersuchen, ob es einerlei ist, in welchem Protoplasma sie leben, ob nicht vielmehr auch dieses einen bestimmten Einfluss auf die Form des Organismus hat, der sich aus der Eizelle entwickelt.

Es sind aber Versuche angestellt worden, aus deren Ergebnissen man die Behauptung herleitete, das Protoplasma hätte mit der Vererbung nichts zu thun, sondern diese sei nur an den Kern gebunden. Man hat nämlich, wie wir hier zu erwähnen haben, Eizellen von Seeigeln ihres Kerns beraubt und sie dann mit Spermatozoen einer andern Seeigelart befruchtet. Aus den befruchteten kernlosen Eizellen sollen Seeigellarven entstanden sein, die nur die Larvencharaktere der väterlichen Art zeigten. Aber man hat dabei vergessen, dass, wenn nicht das Protoplasma, so doch die Substanz des Centrosomas und seiner nächsten Umgebung Träger der Vererbung sein kann, und dass die Centrosomen wahrscheinlich mit den Kernen, denen sie ja dicht anliegen, aus jenen Eizellen entfernt waren, so dass dann das zurückbleibende Protoplasma allerdings keine Vererbung mehr bewirken konnte. Ausserdem ist überzeugend nachgewiesen worden, dass Zellen nicht ohne ihren Kern leben können. Nimmt man ihnen diesen, so muss, auch wenn sie nicht sofort zu Grunde gehen, doch sehr bald eine Schädigung eintreten, die es sehr wohl begreiflich macht, dass sie ihre Befähigung, gewisse Eigenschaften ihrer Art zu vererben, verloren haben, und dass es demnach nicht besonders bemerkenswert ist, wenn die aus ihrer Befruchtung mit Spermatozoon einer andern Art hervorgehenden Larven die Charaktere dieser letzteren Art zeigen. Vor allem aber hat sich auf Grund von neuen Untersuchungen ergeben, dass die in Frage kommenden Beobachtungen nicht unzweideutig waren.

Es ist also sehr wohl möglich, dass das Protoplasma oder wenigstens die Substanz des Centrosomas und seiner nächsten Umgebung ebenso sehr, wenn nicht mehr, an der Vererbung beteiligt ist, als die des Kernes. Es ist auch die Ansicht aufgestellt worden, dass der Kern zwar Träger gewisser erblicher chemischer Eigenschaften sei, dass aber die Form des Körpers im wesentlichen von dem Centrosoma und denjenigen Elementen des Protoplasmas abhänge, die bestimmten Elementen des Centrosomas und seiner Umgebung gleichen. Wir haben

ja gesehen, das von dem Centrosoma eine Strahlung ausgeht, die in manchen Zellen eine mehr dauernde, in anderen eine mehr vorübergehende ist. Diese Strahlung tritt insbesondere auch bei Eizellen auf, die im Process der Befruchtung begriffen sind (S. 137, Fig. 94). Hier umgiebt sich das Centrum des eindringenden Spermatozoon mit einer Strahlensonne. Man kann nun annehmen, dass diese Strahlung von der für unsere Hilfsmittel strukturlosen Grundsubstanz des Protoplasmas ausgeht, dass dieses in unsichtbaren Strahlen um das Centrosoma angeordnet ist, und dass die uns sichtbar werdende Strahlung darauf beruht, dass die in dieser Grundsubstanz eingebetteten Körnchen infolge der in der Grundsubstanz auftretenden Strahlung genötigt sind, sich zwischen den Strahlen der Grundsubstanz anzuordnen (S. 137, Fig. 95). Man kann dann des weiteren annehmen, dass diese Anordnung in bestimmten Symmetrieebenen erfolgen muss, und dass wenigstens die befruchtete Eizelle, die allerdings oft auch schon vor der Befruchtung eine bestimmte Symmetrie besitzt, dadurch entweder in dieser Symmetrie befestigt wird, oder Symmetrie erhält, und dass die Symmetrieverhältnisse des entwickelten Organismus auf die der Eizelle zurückzuführen seien. Auf diesen Punkt werden wir im nächsten Abschnitt zurückkommen.

Der Name Protoplasma bedeutet eigentlich das zuerst oder zu Anfang Gebildete, Erstlingsgebilde, Anfangsgebilde; Purkinje führte ihn als Bezeichnung des Bildungsmaterials jüngster Tierembryonen in die Wissenschaft ein (Jahrbücher f. wiss. Kritik, 1840). In der Zellenlehre gelangte er zuerst durch Hugo von Mohl („Über die Saftbewegung im Innern der Zellen“, Bot. Zeitung, 1846) zur Anwendung. Max Schultze („Über das Protoplasma der Rhizopoden und Pflanzenzellen“, Leipzig 1863) identificierte das Protoplasma der Pflanzenzelle mit der von Dujardin („Histoire naturelle des Zoophytes etc.“, Paris 1841) Sarkode genannten Substanz, aus der der Körper der Rhizopoden oder Wurzelfüsser besteht. Den Gesetzen der Priorität hätte es entsprochen, wenn man auf Grund dieser Erkenntnis den Namen Sarkode auch für das Protoplasma der Pflanzenzellen eingeführt hätte. Es würde sich um so mehr empfehlen, jetzt noch den Namen Protoplasma durch Sarkode zu ersetzen und den Zellleib dann vielleicht Sarkon (Plural: Sarkonten), den Kern Karyon (Plural: Karyonten) zu nennen, als neben dem Worte Protoplasma eine Menge anderer zusammengesetzter Namen aus dem Worte „Plasma“ entstanden sind, die leicht eine Begriffsverwirrung herbeiführen können. Wir lassen die wichtigsten hier in alphabetischer Anordnung folgen.

Archoplasma wurde von Boveri derjenige Teil des Protoplasmas genannt, der das Centrosoma umgiebt; van Beneden nannte ihn Attraktionssphäre.

Cytoplasma nannte Strasburger die das Gerüstwerk des Protoplasmas ausfüllende Zwischensubstanz. Andere gebrauchen das Wort Cytoplasma synonym mit Protoplasma.

Hyaloplasma nannte Strasburger die Gerüstsubstanz. Leydig verstand unter Hyaloplasma die Zwischensubstanz. O. Hertwig u. a. nennen das glasig aussehende Hautplasma vieler Zellen Hyaloplasma.

Idioplasma nannte Nägeli ein hypothetisches Netzwerk von aus kleinen hypothetischen Gebilden, den Micellen Nägelis, zusammengesetzten Strängen, das im Proto-

plasma enthalten sein sollte. Weismann nennt aber die Substanz der Chromatinkörner des Kernes, die er Ide nennt, Idioplasma. Idioplasma bedeutet nämlich „gestaltgebendes Plasma“, das Nägeli im Zellleibe suchte, Weismann aber im Kern gefunden zu haben glaubte.

Paraplasma nannte Kupffer die Zwischensubstanz im Gegensatz zur Gerüstsubstanz, die allein er Protoplasma nannte.

Spongioplasma nannte Leydig die Gerüstsubstanz, die von Kupffer Protoplasma, von Strasburger Hyaloplasma, von Flemming Filarmasse oder Mitom genannt wird.

Man gebraucht auch vielfach das Wort Plasma allein. Darunter versteht man aber bald dieses, bald jenes. Haacke („Gestaltung und Vererbung,“ Leipzig 1893) schlug vor, unter Plasma kein Gemenge, wie es das Protoplasma ist, sondern einen chemischen Stoff, den eigentlichen Bildungsstoff, zu verstehen. Er glaubte nämlich, dass ein einziger Stoff den Gestaltungsprocess beherrsche, insbesondere dem Körper seine Symmetrie gäbe, und suchte diesen Stoff, den allein er Plasma nannte, im Centrosoma und den von ihm ausgehenden Strahlen. Die Zwischensubstanz der Strahlen nannte er Sarkode.

Wir sind nicht näher auf den Bau von Protoplasma und Kern eingegangen, weil sich mit den meisten Kenntnissen, die man von beiden hat, bis jetzt noch nicht viel anfangen lässt, und weil, wie wir gesehen haben, die Auffassungen über ihre Struktur noch sehr hypothetischer Natur sind. Gegen Hypothesen über den Bau des Protoplasmas lässt sich zwar nichts einwenden, wenn sie geeignet sind, die Entwickelungsmechanik zu fördern, und nicht gegen Thatsachen verstossen. Aber von den meisten Anschauungen über die Protoplasmastruktur lässt sich das erste überhaupt nicht, das zweite nur mit angemessenen Einschränkungen sagen.

Die Schwammgerüsttheorie wurde von Frommann begründet. Flemming lehrte die Filartheorie. Altmann ist der Begründer der Granulatheorie; die Körnchen des Protoplasmas nennt er als dessen Bestandteile Granula, als Elementarorganismen, für die er sie ansieht, aber Bioblasten. Auch den Kern lässt er aus Granulis bestehen. Bütschli glaubt dagegen überall eine wabige Struktur zu finden, die er mit von ihm hergestellten mikroskopischen Schäumen vergleicht. Haacke legte grosses Gewicht auf die vom Centrosoma ausgehenden Plasmastrahlen. (Über die einschlägige Litteratur vergl. mit Benutzung des Registers das Litteraturverzeichnis).

Die Körnchen im Protoplasma nannte Hanstein („Botan. Abhandl.“, Bd. IV) Mikrosomen. Als solche hat man aber auch die Chromatinkörner des Kernes bezeichnet, die Weismann Ide nennt.

In der Nomenklatur der Dinge, die man im Kern unterscheidet, ist die Verwirrung weniger gross, als in der des Protoplasmas. Die Ansichten über den Bau des Kernes und den Mechanismus der Zellteilung gehen aber gleichfalls sehr weit auseinander. Eine lange Diskussion ist insbesondere über die Reduktion der Chromosomenzahl bei der Keimzellenreifung entstanden, die unter merkwürdigen Umständen entdeckt wurde. Weismann hatte nämlich auf Grund theoretischer Spekulationen („Über die Zahl der Richtungskörper und über ihre Bedeutung für die Vererbung“, Jena 1887) eine Reduktionsteilung der Keimzellen prophezeit, die von einer Halbierung der Anzahl der Kernschleifen oder von einer Querteilung der letzteren, falls eine solche möglich wäre, begleitet sein müsse und der gewöhnlichen „Äquationsteilung“ der Zellen gegenüber stände, und nach Untersuchungen von O. Hertwig („Vergleich der Ei- und Samenbildung bei Nematoden. Eine Grundlage für celluläre Streitfragen“, Archiv f. mikroskop. Anatomie, Bd. XXXVI, 1890) schien sich diese Prophezeiung zu erfüllen. Die Processe, um die es sich dabei zu handeln schien, lernen wir am besten an der Hand der nebenstehenden schematischen Abbildungen (Fig. 114) kennen, die im Anschluss an Weismanns und O. Hertwigs

Auffassung der Beobachtungen, die der letztere über die Ei- und Samenbildung des Pferdespulwurms (Ascaris megalocephala) gemacht hat, gezeichnet wurden.

Bei einer Varietät von Ascaris megalocephala beträgt die typische Anzahl der Kernschleifen vier. Von gewissen Zellen der männlichen Keimdrüse stammen die Spermatozoen oder Samenzellen ab; in der weiblichen Keimdrüse finden sich Zellen, aus deren Teilungen die Eier hervorgehen. Wir wollen je eine Spermatozoen- und Eimutterzelle auf ihren Teilungswegen im Sinne Hertwigs und Weismanns (s. dessen „Keimplasma", Jena 1892) verfolgen. Sowohl die Mutterzelle der Spermatozoen (Fig. 114, s_1), als auch die Eimutterzelle (e_1) teilt sich zunächst auf dem Wege der gewöhnlichen Zellteilung in zwei Zellen (s_2—s_4, e_2—e_4) (Weismann fasst diese Teilung freilich in ganz besonderer Weise auf, auf die wir nicht näher eingehen können). Indessen

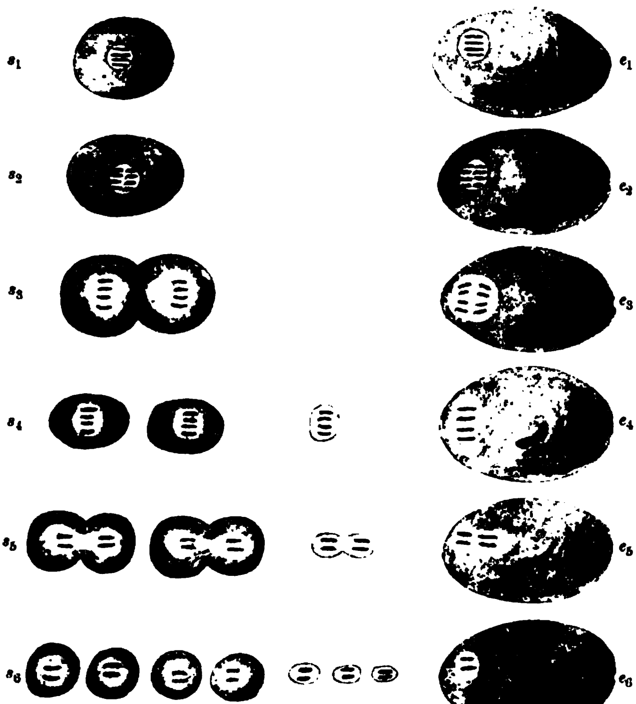


Fig. 114. Schema der Reduktionsteilung nach Hertwig-Weismannscher Auffassung.

liefert die Stammzelle der Spermatozoen zwei gleiche, die der Eier aber zwei ungleiche Zellen. Jede dieser vier Zellen teilt sich darauf in zwei Zellen (s_5—s_6, e_5—e_6), von denen aber jede nicht vier, sondern nur zwei Kernschleifen erhält. Aus den vier männlichen Zellen werden ebensoviel Spermatozoen; von den vier weiblichen wird nur eine, die grösste, zum Ei. Die Teilung der Mutterzelle der Eier hatte ja, wie wir gesehen haben, zwei sehr ungleiche Produkte geliefert, von denen man die kleinere Zelle als das erste Richtungskörperchen bezeichnet. Dieses zerfällt wieder in zwei Zellen. Die grössere Zelle teilt sich gleichfalls in zwei Zellen, die wiederum sehr ungleich sind, und von denen die eine dass Ei, die andere aber einen weiteren Richtungskörper darstellt. Wir haben schliesslich neben dem Ei drei kleine Zellen, die gleich dem Ei je zwei Kernschleifen enthalten, und die später zu Grunde gehen, ohne etwas besonderes geleistet zu haben. Da aber die Eizelle

und diese drei kleinen Zellen die Summe vier ausmachen, die gleich der der Spermatozoen ist, die aus der Teilung einer Spermatozoenmutterzelle hervorgehen, so gleicht das Schema der Processe, die zur Bildung des Eies führen, dem der Spermatozoenbildung.

Wir haben es aber hier wie dort nur mit einem Schema zu thun. Die Processe, um die es sich dabei handelt, sind nämlich durch Brauer („Zur Kenntnis der Spermatogenese von Ascaris megalocephala", Archiv f. mikroskop. Anatomie, Bd. XLII, 1893) in ein neues Licht gesetzt worden, und da die von Brauer über die Samenbildung gegebenen Figuren mit denen von Boveri („Zellen-Studien", Heft I, Jena 1887) über die Richtungskörper genau übereinstimmen, ist ein Zweifel an ihrer Zuverlässigkeit nicht wohl möglich. Die von Hertwig auch in seinem Lehrbuch „Die Zelle und die Gewebe" (Jena 1892) gegebene und von Weismann im wesentlichen adoptierte Darstellung und die Boveri-Brauersche zeigen nun folgende Unterschiede: Nach Hertwig teilen sich die vier Chromosomen der Keimzellenmutterzelle, die wir mit a, b, c und d bezeichnen wollen, so, dass jede Tochterzelle $\frac{a}{2}+\frac{b}{2}+\frac{c}{2}+\frac{d}{2}$ erhält. Jede Tochterzelle teilt sich aber so, dass jede Enkelzelle (bei den männlichen jedes Spermatozoon, bei den weiblichen die Eizelle und jede der drei oben erwähnten kleinen Zellen) entweder $\frac{a}{2}+\frac{b}{2}$ oder $\frac{a}{2}+\frac{c}{2}$ oder $\frac{a}{2}+\frac{d}{2}$ oder $\frac{b}{2}+\frac{c}{2}$ oder $\frac{b}{2}+\frac{d}{2}$ oder $\frac{c}{2}+\frac{d}{2}$ erhält. Nach Brauer teilen sich die betreffenden Zellen aber, kurz gesagt, so, dass zwei der vier Enkelzellen je $\frac{a}{2}+\frac{b}{2}$ und die übrigen zwei je $\frac{c}{2}+\frac{d}{2}$ erhalten. Dieser Unterschied ist deshalb von Wichtigkeit, weil das Brauersche Resultat den Weismannschen Spekulationen nicht so günstig ist, wie das Hertwigsche. Indessen brauchen wir auf diese Dinge hier nicht näher einzugehen. Genug, dass eine Reduktion der Anzahl der Kernschleifen auf die Hälfte zustande gebracht wird. Dieses Resultat wird auch durch die Processe, die sich bei der Reifung anderer tierischer und bei der pflanzlicher Keimzellen abspielen, erreicht.

Sehr verschiedene Deutungen erfährt das Centrosoma, das von manchen Autoren zum Kern gerechnet wird. Die Litteratur darüber hat sehr umfangreiche Dimensionen angenommen.

3. Das Problem des Bildungsstoffes.

Die hypothetische Lösung des Problems, wo der Bildungsstoff der Keimzelle, d. h. derjenige Stoff oder dasjenige Stoffgemenge, dem der Organismus seine typische Gliederung verdankt, seinen Sitz habe, und wie jeder Teil des Tier- oder Pflanzenkörpers zu seinen Eigenschaften gelange, ist bei verschiedenen Theoretikern eine sehr verschiedene. Wir wollen unser Suchen nach der annehmbarsten Lösung mit einer Schilderung des vollständigen Entwickelungscyclus eines Tieres beginnen. Fig. 115 stellt ein Infusorium, Colpoda cucullus, dar, dessen Entwickelungsgeschichte neuerdings in lückenloser Reihenfolge festgestellt worden ist. Das Infusorium hat, wie Fig. 115 zeigt, eine ganz bestimmte Grundform. In Fig. 116 hat das Tier sich eingekapselt, aber seine Form noch bis zu einem gewissen Grade bewahrt. Fig. 117 leitet uns zu dem in Fig. 118 abgebildeten Stadium hinüber, auf welchem alle Merkmale des Infusorienkörpers verschwunden sind und an dessen Stelle ein kugelförmiger Protoplasmaklumpen, der

sich mit einer zweiten Hülle umgeben hat, getreten ist. Diese Kugel ist in Fig. 119 isoliert. Fig. 120 zeigt ein Stadium, in welchem ihr dem Plasmodium eines Schleimpilzes ähnlich gewordener Inhalt die

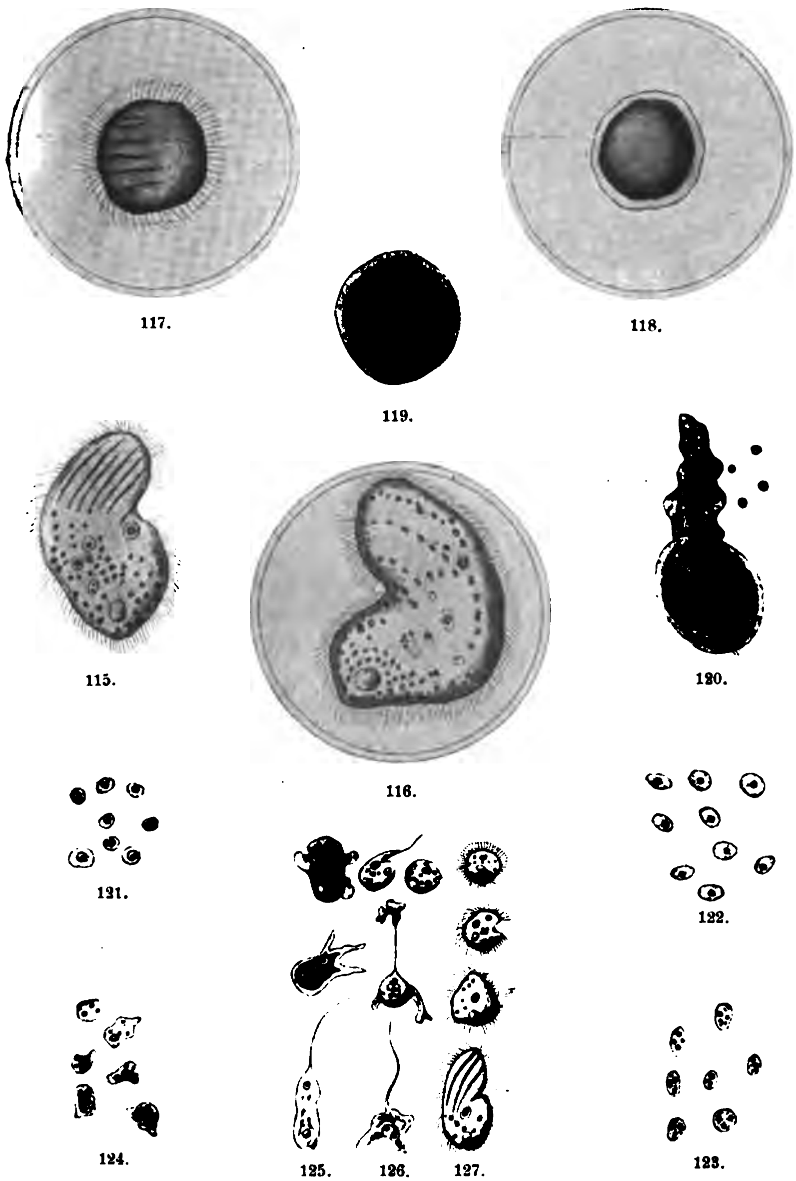


Fig. 115—127. Entwickelungscyklus von Colpoda cucullus (nach Rhumbler).

Hülle verlässt, und in Fig. 121 ist dieser Inhalt in eine Anzahl kleiner einkerniger Zellen zerfallen, die in Fig. 122 und mehr noch in Fig. 123 und 124 durch Wachstum zu kleinen amöbenartigen Wesen geworden

sind. Die Körperumrisse sind auf dieser Entwickelungsstufe des Tieres völlig unbestimmte. Festere werden sie dagegen in Fig. 125, wo wir eine Umbildung der Amöben zu kleinen Geisseltieren sehen, d. h. zu Geschöpfen, die anstatt mehrerer sogenannter Scheinfüsschen, die bald hierhin, bald nach dort ausgestreckt, dann aber wieder eingezogen werden, an einer bestimmten Körperstelle einen peitschenschnurförmigen Fortsatz, eine sogenannte Geissel tragen. Anfänglich besteht zwar auch noch neben der Geissel die Unbestimmtheit der übrigen Körperumrisse fort, aber allmählich gewinnen diese Gestalt; wie wir es in Fig. 126 und 127 sehen. In Fig. 127 ist die Geissel bereits eingezogen, und wir gewahren, wie die Tiere nach und nach wieder die bestimmten Formenverhältnisse des Muttertieres annehmen. In dem grössten der vier Bilder in Fig. 127 liegt die specifische Form des ausgewachsenen Infusoriums wieder deutlich vor.

Nichts hindert uns, die kleinen Amöben, in die der Inhalt des eingekapselten Muttertieres zerfallen ist (Fig. 121), mit tierischen oder pflanzlichen Eiern zu vergleichen, ja, sie geradezu als solche zu betrachten. Jedenfalls haben wir es hier mit Keimen, und zwar mit Keimzellen, zu thun. Wir sehen nun, dass diese durchaus keine bestimmte Körperform haben, und es fragt sich deshalb, wie eine solche zustande kommt. Wir treten damit an die Frage heran, was ein Bildungsstoff zu nennen sei, wie viel Bildungsstoffe in der Eizelle enthalten, und wo und in welcher Weise sie hier lokalisiert sind.

Bei der Frage nach der Anzahl der Bildungsstoffe des Eies und ihrer Lokalisation haben wir uns dessen zu erinnern, dass wir sowohl im Protoplasma als auch im Kern Dinge kennen gelernt haben, die es zur Gewissheit machen, dass weder das Protoplasma ein chemisch reiner Stoff ist, noch dass wir im Kern einen solchen vor uns haben. Es ist also zu untersuchen, ob wir in jedem der Stoffe, die wir mit einiger Sicherheit im Kern und im Protoplasma unterscheiden können, einen Bildungsstoff zu erblicken haben. Mit Rücksicht auf die Punkte, die hierbei zu betrachten sind, können wir eine beträchtliche Anzahl von Hauptmöglichkeiten aufstellen, die wir nunmehr besprechen wollen.

1. Nur der Kern der entwickelungsfähigen Eizelle enthält Bildungsstoff, und zwar nur einen einzigen.

Von dem einzigen im Kerne der Eizelle enthaltenen Bildungsstoffe könnten wir entweder annehmen, dass er fein darin verteilt ist, oder dass er ursprünglich eine oder mehrere zusammenhängende Massen darstellt. Auf alle diese Möglichkeiten brauchen wir indessen nicht näher einzugehen, weil der Bildungsstoff jedenfalls im Laufe der Entwickelung aus dem Kern austreten müsste, um den verschiedenen Teilen des Organismus ihre Gestalt zu geben. Wir wollen uns unsers Infusoriums Colpoda cucullus erinnern, dessen ganzen Entwickelungscyclus

wir kennen, um eine Vorstellung darüber zu gewinnen, wie etwa der Bildungsstoff des Kernes dazu kommen könnte, dem Organismus seine feste Gestalt zu geben. Das junge Tier ist, wie wir gesehen haben, anfänglich eine kleine Amöbe von unbeständiger Form. Wie kommt es nun, dass an Stelle der wechselnden Protoplasmalappen, der formunbeständigen, mit Recht so genannten Scheinfüsschen, die dieses Wesen ausstreckt, zunächst eine Geissel tritt, und wie geht es zu, dass sie wieder eingezogen wird, dass die junge Colpoda gleichzeitig immer festere Formenumrisse gewinnt, an einer bestimmten Stelle einen Mund erhält, dass sich ihr Zellkern und eine pulsierende Blase nicht an beliebiger Stelle des Körpers lokalisieren, und dass das ganze Tier eine charakteristische Bedeckung von Wimpern bekommt?

Wenn der Bildungsstoff nur im Kern enthalten ist, so muss es entweder im Protoplasma ausserhalb des Kernes, wohin er unter allen Umständen aus dem Kern wandern müsste, etwas geben, was ihn hier in bestimmter Weise verteilt und anordnet, oder er müsste selbst befähigt sein, sich im Protoplasma, von dem wir in diesem Falle annehmen müssten, dass seine Rolle lediglich in der Ernährung des Bildungsstoffes besteht, in ganz bestimmter Weise zu verteilen, um an den verschiedenen Stellen des Organismus die verschiedenen diesen konstituierenden und charakterisierenden Organe zu bilden. Hätten wir an Stelle des einzelligen Infusoriums einen vielzelligen Organismus als Beispiel gewählt, so läge der Fall nicht anders; nur dass der Bildungsstoff dann auf zahlreiche Kerne zu verteilen wäre.

Wollten wir von den oben angegebenen beiden Möglichkeiten die erstere annehmen, nämlich die, dass den aus dem Kern austretenden Teilchen des Bildungsstoffes ihre Lage durch das Protoplasma angewiesen wird, so entstände die Frage, woher denn das Protoplasma die Fähigkeit, eine ganz bestimmte Verteilung des Bildungsstoffes herbeizuführen, nehmen sollte. Entweder müsste in ihm selbst ein Stoff oder ein Stoffkomplex vorhanden sein, der es zwänge, eine bestimmte Form anzunehmen, oder diese Form müsste ihm von aussen aufgeprägt werden. Wenn wir die erste dieser beiden Voraussetzungen machen, so wäre auch im Protoplasma ein Stoff oder ein Stoffkomplex vorhanden, von dem man, da er thatsächlich formenbildend sein würde, nicht zu sagen wüsste, warum man nicht auch ihm den Namen Bildungsstoff oder Bildungsstoffkomplex beilegen sollte. Mit dieser Annahme würden wir also mit unserer Voraussetzung, wonach ursprünglich nur im Kern Bildungsstoff ist, in Konflikt geraten. Machten wir aber die zweite Annahme, wonach dem Protoplasma eine bestimmte Form von aussen aufgedrückt wird, so hätten wir es im Protoplasma wieder mit einer Substanz zu thun, die infolge der äusseren Einflüsse zu bestimmten Bildungen führen würde; wir hätten also auch dann wieder

im Protoplasma einen Bildungsstoff oder einen Komplex von Bildungsstoffen vor uns, der uns abermals in Kollision mit der Annahme, von der wir ausgingen, wonach nämlich der Bildungsstoff zunächst nur im Kern enthalten ist und erst in das Protoplasma übertritt, geraten lassen würde. Wir wenden uns deshalb der andern Möglichkeit zu, wonach das Protoplasma nichts mit der Gestaltung des Organismus zu thun hat, sondern gewissermaassen nur einerseits das Bett für den aus dem Kern aufgenommenen Bildungsstoff ist, anderseits der Nährboden, auf dem sich dieser zu bestimmten Organen gestaltet. Dann könnten wir von dem aus dem Kern in das Protoplasma übergetretenen Bildungsstoff annehmen, dass er sich infolge äusserer Einflüsse, die das Protoplasma und damit auch ihn treffen, in bestimmter Weise gestaltet. Wir würden aber jetzt zu fragen haben, warum der Kern, nachdem dieses geschehen ist, noch vorhanden wäre, und müssten diese Frage wohl dahin beantworten, dass der Kern, wenn er nur einen einzigen wirklichen Bildungsstoff birgt, und wenn seinen übrigen Bestandteilen demnach nur die Bedeutung zukommt, diesen Bildungsstoff zu ernähren, auch noch fernerhin zur Ernährung des in das Protoplasma übergetretenen Bildungsstoffes diene. Aber dann würde man nicht einsehen, wodurch man zu der Annahme, dass der Bildungsstoff ursprünglich im Kern enthalten ist, gezwungen sein sollte. Wir haben nämlich im Auge zu behalten, dass die Annahmen, die wir hier machen, wegen unserer Unbekanntheit mit den wirklichen Vorgängen nur willkürliche sein können, von denen wir zu untersuchen haben, ob sie mehr oder minder plausibel sind. Wenn der Bildungsstoff genötigt ist, aus dem Kern in das Protoplasma überzutreten, eine Annahme, die wir, wie uns Colpoda cucullus zeigt, nicht umgehen können, denn bei diesem Tier vollzieht sich die Gestaltung des Körpers ja ganz augenscheinlich im Protoplasma, so liegt für die Annahme, dass diesem der Bildungsstoff erst aus dem Kern geliefert wird, durchaus nichts vor, was sie zu einer plausiblen machen könnte. Wir wenden uns deshalb einer andern Möglichkeit zu.

2. Das Protoplasma des Eies birgt den einen im Ei vorhandenen Bildungsstoff.

In diesem Falle müssen wir annehmen, dass der Bildungsstoff sich unter den ihn treffenden Einflüssen gestaltet. Bei einzelligen Organismen, wie etwa bei unserer Colpoda, würden die betreffenden Processe sich im Protoplasma einer einzigen Zelle vollziehen, bei mehrzelligen dagegen auf die Leiber vieler Zellen verteilen. Je nachdem an den verschiedenen Körperregionen des Organismus diese oder jene Umstände obwalten, würde hier das eine und dort ein anderes Organ entstehen. Diese Annahme hat von vornherein mehr für sich als die, wonach der Bildungsstoff erst aus dem Kern in das Protoplasma

übertritt. Da die verschiedenen Organe des Organismus indessen in der Regel durch ihre Stoffbeschaffenheit voneinander verschieden sind, so müssten wir entweder annehmen, dass der Bildungsstoff an verschiedenen Stellen des Körpers verschiedene chemische Umwandlungen erleidet, oder dass die stoffliche Verschiedenheit der Organe des Körpers nicht durch chemische Umwandlung des Bildungsstoffes zustande kommt, sondern dass an der einen Stelle des Körpers diese, an der andern jene chemischen Processe, die nicht den Bildungsstoff, sondern andere neben ihm vorhandene Stoffe betreffen, vor sich gehen und die Organe gestalten, und zwar infolge der verschiedenen Umstände, die an verschiedenen Körperstellen in Frage kommen.

Im ersteren Falle könnten wir uns etwa folgende Vorstellung von dem Bildungsprocess machen: Der Bildungsstoff giebt dem Körper eine bestimmte Form, ebenso wie der kohlensaure Kalk je nach den Umständen die Krystallform des Kalkspats oder die des Aragonits entstehen lässt. Aber in der Folge finden an der einen Körperstelle diese, an der andern jene Stoffumwandlungen statt, vergleichbar der Pseudomorphose eines Krystalles, bei der zwar dessen äussere Gestalt erhalten bleibt, seine stoffliche Zusammensetzung aber eine Umwandlung erfährt. Der zweite Fall ist nicht annehmbar; denn dann würden, um bei dem Vergleich mit einem Krystall zu bleiben, die verschiedenen Stoffe, die an Stelle des ursprünglichen Bildungsstoffes treten, gewissermaassen eine eigene Krystallform besitzen; wir hätten es dann mit mehreren Bildungsstoffen zu thun und würden dadurch mit unserer Annahme, wonach im Protoplasma des Eies nur ein einziger Bildungsstoff vorhanden ist, in Konflikt geraten. Allenfalls könnten wir sagen, dass infolge bestimmter chemischer Processe, die sich zwischen dem Bildungsstoff und anderen im Protoplasma vorhandenen Stoffen abspielen, an bestimmten Körperstellen neue Bildungsstoffe entstehen, an deren Produktion sich übrigens auch der Kern direkt oder indirekt beteiligen müsste, denn diesem wäre, falls der ursprüngliche Bildungsstoff nur im Protoplasma enthalten ist, doch eine ernährende Rolle zuzuschreiben. Wie wir uns nun auch in Bezug auf die verschiedenen hier in Betracht kommenden Fragen verhalten mögen, wir fühlen wenigstens, dass die Annahme, im Protoplasma des Eies sei ein Stoff vorhanden, der dem Körper zunächst eine gewisse Form giebt, in welcher sich dann an den verschiedenen Körperstellen verschiedene chemische Processe vollziehen, Beachtung verdient. Besonders der Vergleich mit einem in stofflicher Umbildung begriffenen Krystall, von dem wir ja annehmen könnten, dass er sehr gross und an verschiedenen Stellen verschiedenen Pseudomorphosen unterworfen wäre, ist geeignet, uns für sie zu gewinnen. Aber ehe wir ihr Aufmerksamkeit schenken können, haben wir die übrigen Hauptmöglichkeiten ins Auge zu fassen.

3. Sowohl im Protoplasma als auch im Kern ist Bildungsstoff vorhanden.

Wegen der sichtbaren Verschiedenheiten zwischen Kern und Protoplasma nehmen wir an, dass es sich hierbei um zwei verschiedene Bildungsstoffe handle. Wie in der unter 2. beschriebenen Möglichkeit, wäre es auch in diesem Falle notwendig, den im Kern enthaltenen Bildungsstoff in das Protoplasma übertreten zu lassen, falls man nicht annehmen wollte, dass dieser Bildungsstoff nur für die Gestaltung des Kerns bestimmt sei und nichts mit den Gestaltungen im Protoplasma zu thun habe. Nehmen wir aber an, dass der im Kern enthaltene Bildungsstoff in das Protoplasma übertritt und auch an den sich hier vollziehenden Gestaltungen teilnimmt, so sehen wir nicht ein, weshalb wir ihn nicht von vornherein im Protoplasma suchen sollen. Die Annahme, dass er erst vom Kerne in das Protoplasma übertritt, ist also eine wenig plausible; ihr ist vielmehr die andere vorzuziehen, dass die beiden Bildungsstoffe von vornherein im Protoplasma enthalten seien.

Indessen wissen wir nicht, weshalb wir gerade auf zwei Bildungsstoffe kommen sollen; es könnten ja auch mehrere sein. Jedenfalls wäre dieser Fall nicht principiell von dem verschieden, in welchem nur zwei Bildungsstoffe im Protoplasma vorhanden sind. Wir werden auf ihn aber erst weiter unten einzugehen haben.

4. Der Kern besteht aus bunt durcheinander geworfenen Bildungsstoffen.

Diese Bildungsstoffe müssten notwendigerweise in das Protoplasma übertreten. Da aber nichts vorliegt, was uns zu der Annahme, dass sie nicht von vornherein im Protoplasma enthalten sein könnten, nötigte, so können wir uns gleich diesem letzteren Fall zuwenden.

5. Das Protoplasma besteht aus bunt durcheinander geworfenen Bildungsstoffen.

Wollen wir diese Annahme machen, so handelt es sich um die Frage, was den verschiedenen Bildungsstoffen im Körper des sich aus der Eizelle entwickelnden Organismus ihren Platz anweist; denn die Thatsachen lehren uns, dass die verschiedenen Organe des Körpers aus verschiedenen Stoffen bestehen, aber im Organismus in ganz bestimmter Weise angeordnet sind.

Wir könnten zunächst annehmen wollen, dass der Körper an verschiedenen Stellen von verschiedenen äusseren Einflüssen getroffen wird, und dass die einen von diesen auf bestimmte Körperstellen einwirkenden Einflüssen diesen, die andern jenen der ursprünglich überall vorhandenen Bildungsstoffe gewissermaassen begünstigen, d. h. ihn zur Gestaltung eines bestimmten Organs oder Organteils bringen. Werfen wir aber wieder einmal einen Blick auf Colpoda cucullus, so wüssten

wir nicht zu sagen, wie diese Begünstigung zustande kommen sollte. Denn die junge Colpoda ist eine Amöbe, die fortwährend formenunbeständige Scheinfüsschen, und zwar bald hier, bald dort, ausstreckt und wieder einzieht. Wie also soll es möglich sein, dass hier infolge der Einwirkung bestimmter Einflüsse auf bestimmte Körperstellen eine bestimmte Anordnung durch an solchen Stellen stattfindende Begünstigungen bestimmter Bildungsstoffe zustande kommt? Es sind ja hier gar keine bestimmten Körperstellen vorhanden; der Organismus wechselt fortwährend seine Umrisse, und die in ihm enthaltenen Substanzen sind in Fluss begriffen, bis er sich zu einem Geisseltier und weiterhin zu der Form, die wir in Fig. 127 oben (S. 157) sehen, umgestaltet hat. Diese Umgestaltung müsste doch erst zustande gekommen sein, ehe eine Entstehung bestimmter Organe an bestimmten Körperstellen stattfinden kann. Es müsste also zuvörderst ein bestimmter Bildungsprocess stattfinden, und dazu müssten wir wieder einen oder mehrere Bildungsstoffe ihre Thätigkeit entfalten lassen. Thun wir das, so könnten wir etwa annehmen, dass die verschiedenen im Protoplasma enthaltenen Bildungsstoffe isomorph seien, und dass erst nachträglich an der einen Körperstelle dieser, an der andern jener Bildungsstoff begünstigt würde; oder wir könnten die Annahme machen, dass zunächst eine bestimmte Form aus dem Zusammenwirken der verschiedenen Bildungsstoffe resultiert, und dass dann an verschiedenen Körperstellen verschiedene Bildungsstoffe die Oberhand über andere gewinnen. Endlich könnten wir auch noch annehmen, dass es ein einziger Bildungsstoff sei, der dem Körper zunächst Form giebt und dass dann die übrigen Bildungsstoffe, der eine hier, der andere dort, ihre Thätigkeit entfalten. Diese Annahme dürfte bei weitem die plausibelste sein; indessen hätten wir es dann schliesslich doch nur mit einem einzigen Bildungsstoff zu thun, und unser Fall wäre der unter 2. aufgeführte.

6. Sowohl der Kern als auch das Protoplasma besteht aus bunt durcheinander geworfenen Bildungsstoffen, von denen wir annehmen wollen, dass im Kern andere enthalten sind als im Protoplasma.

Da wir von den im Kern enthaltenen Bildungsstoffen voraussetzen müssen, dass sie in das Protoplasma übertreten, weil sich hier viel erheblichere sichtbare Formenveränderungen vollziehen, als im Kern, so können wir auf den vorhergehenden Fall verweisen; denn, wie früher dargelegt, besteht kein Grund zu der Annahme, dass die Bildungsstoffe nicht von vornherein im Protoplasma enthalten sind.

7. Der Kern besteht aus einem einzigen Komplex von in bestimmter Weise angeordneten Bildungsstoffpartieen oder Organkeimchen.

Diese Annahme scheint viel für sich zu haben, wenn man die Entwickelung eines mehrkernigen Organismus im Auge hat. Man könnte nämlich annehmen, das hierbei wegen der Hand in Hand damit

gehenden zahlreichen Zell- und insbesondere Kernteilungsprocesse der im Kern der Eizelle enthaltene Komplex von Organkeimchen nach und nach in seine Komponenten, d. h. in die einzelnen Organkeimchen, zerlegt würde, sodass bei der ersten Zellteilung dieser Komplex annähernd halbiert würde, und so fort, bis jede der im Körper entstehenden Zellen, bezw. jeder Zellkern, nur noch eine Art von Bildungsstoff enthielte. Die Teilchen dieses Bildungsstoffes könnten dann aus dem Kern in das Protoplasma übertreten, eine Annahme, gegen die in diesem Falle nichts einzuwenden wäre, diesem einen bestimmten Charakter aufdrücken und ihm eine bestimmte Form geben.

Wir haben aber früher gesehen, dass die Kernteilung in der Regel in der Art vor sich geht, dass die im Kern enthaltenen Stoffe sich zu einem einer Perlschnur ähnlichen Faden anordnen, der durch eine Längsspaltung und mehrere Querteilungen in eine bestimmte Anzahl von Stücken zerfällt, von denen die eine Hälfte den einen der beiden und die andere Hälfte den andern der beiden aus der Kernteilung hervorgehenden neuen Kerne bildet. Es liegt nun durchaus kein Grund vor, anzunehmen, dass die aus der Querteilung des Kernfadens hervorgehenden Segmente ungleich, und dass die in ihnen enthaltenen Scheibchen oder Körnchen, die man mit den Perlen einer Perlschnur vergleichen kann, untereinander verschieden sind. Demnach hätten wir wohl anstatt der Annahme, dass der Kern nur aus einem einzigen Komplex von in bestimmter Weise angeordneten Organkeimchen besteht, die im folgenden Falle gemachte zu treffen.

8. Der Kern besteht aus mehreren unter sich gleichen Komplexen bestimmt angeordneter Organkeimchen.

Diese Komplexe hätten wir wohl am besten in den Scheibchen oder Körnchen des noch nicht längsgespaltenen Kernfadens zu erblicken. Durch dessen Längsteilung würde jeder dieser Organkeimchenkomplexe in zwei wenigstens ihrer Masse nach ungefähr gleiche Hälften geteilt, die aber oft qualitativ ungleich sein würden; denn wir müssten uns vorstellen, dass diese Komplexe durch die bei der Vermehrung der Zellkerne sich stets wiederholende Längsspaltung der Kernfäden in ihre Bestandteile zerlegt würden. Sobald dies vollständig geschehen wäre, würden die Teilchen des dann in jedem Kern zurückgebliebenen einzigen Bildungsstoffes aus dem Kern austreten und dem Plasma bestimmte Qualität und Form geben.

Diese Anschauung lässt sich mit den bei der Kernteilung vorgehenden sinnfälligen Processen sehr gut in Einklang bringen, ein Umstand, wegen dessen wir sie als eine plausible bezeichnet haben, sofern es sich um mehrkernige Organismen handelt. Aber bei Einkernigen, z. B. bei vielen Infusorien, kommt die Ausbildung des definitiven Organismus ohne Kernteilung zustande. Deshalb sehen wir nicht

ein, wie uns mit der Annahme, im Zellkern seien Organkeimchenkomplexe, sei es in der Einzahl, sei es in der Mehrzahl, vorhanden, gedient sein sollte; denn wenn der Kern keiner Teilung unterworfen ist, so können die Organkeimchenkomplexe auch nicht durch Kernteilung auf die verschiedenen Teile des Körpers übertragen werden. Die Keimchen der einzelnen Organe müssten sich also im Protoplasma verteilen. Sie würden dann aber hier von neuem in bestimmter Weise angeordnet werden müssen, weshalb es unerfindlich ist, inwiefern uns mit der Annahme, im Kern wären Komplexe von bestimmt angeordneten Organkeimchen enthalten, ein Gefallen gethan sein sollte. Wir könnten doch ebenso gut annehmen, dass die Organkeimchen im Kern ungeordnet durcheinander liegen, da sie doch im Protoplasma von neuem zu ordnen sind. Dann hätten wir sie aber aus früher dargelegten Gründen gleich in das Protoplasma zu verweisen. So plausibel die Annahme von Komplexen bestimmt angeordneter Organkeimchen von vornherein erscheint, so lange man nur mehrzellige oder wenigstens mehrkernige Organismen in Betracht zieht, so wenig spricht für sie, wenn wir an die Entwickelungsvorgänge einkerniger Organismen, z. B. hochentwickelter Infusorien, denken. Die einkernigen Organismen verbieten diese Annahme in der That, weshalb wir sie verwerfen müssen.

9. Im Protoplasma findet sich ein einziger Komplex bestimmt angeordneter Organkeimchen.

Von allen Gebilden, die man im Protoplasma der Eizelle findet, könnten wir wohl nur das Centrosoma, das wir ja neben dem Kern als einen Bestandteil der Zelle kennen gelernt haben, als einen solchen Komplex in Anspruch nehmen. Wir könnten uns dann seine Zerlegung in die einzelnen Organkeimchen in ähnlicher Weise vorstellen, wie wir dies früher für den Kern angenommen haben. Durch eine erste Teilung würde das Centrosoma in zwei annähernd gleiche Hälften zerlegt werden, und ähnliche Processe würden sich während der Keimesgeschichte so lange abspielen, als überhaupt Zellteilungen stattfinden. Schliesslich würde jede Zelle nur noch ein Organkeimchen, oder besser, ein Zellkeimchen in seinem Centrosoma bergen; dessen Substanz würde sich dann im Protoplasma verteilen, sich vermehren und der Zelle ihren Charakter aufdrücken. Der geregelte Gang der keimesgeschichtlichen Entwickelung wäre auf diese Weise veranschaulicht.

Allein diese Hypothese würde doch wieder nur für mehrkernige Organismen gelten. Bei den einkernigen, bei denen übrigens meistens noch der Nachweis eines Centrosomas fehlt, findet keine Vermehrung des Centrosomas statt. Man sieht also nicht ein, auf welche Weise hier die Verteilung der Organkeimchen zustande kommen sollte, wobei wir wieder auf das Beispiel von Colpoda cucullus verweisen. Eben

deswegen wüsste man auch nicht zu sagen, was die Annahme eines Komplexes von Organkeimchen im Protoplasma rechtfertigen sollte, es sei denn, dass man annehmen wollte, der ganze Leib der Eizelle stellte einen solchen Komplex dar. Diese Annahme ist allerdings gemacht worden und kann sich auf die Thatsache stützen, dass viele tierische Eizellen ganz bestimmte Symmetrieverhältnisse zeigen; man kann an solchen Eiern in der That sehr deutlich zwei Pole unterscheiden, und bei genauerem Zusehen würde sich wohl unter Berücksichtigung der Lage des Kernes ergeben, dass man oft, und zwar bei den Eiern, aus denen sich zweiseitig-symmetrische Tiere entwickeln, auch eine Zusammensetzung des Eies aus zwei spiegelgleichen Hälften konstatieren kann. Allein, obwohl man ausser der Polarität des Eies auch oft sehr gut eine bestimmte Verteilung verschiedener Substanzen im Zellleibe sehen kann, so stehen der Annahme, dass der Leib der Eizelle aus einem Komplex bestimmt angeordneter Organkeimchen besteht, doch eine grosse Anzahl von Beobachtungen entgegen. Einmal sind viele Eizellen amöboid; amöbengleich strecken sie an ihrer Oberfläche, bald hier, bald dort, formenunbeständige Scheinfüsschen aus, um sie alsbald wieder einzuziehen, sodass die Leibesmasse der Eizelle in fortwährendem Fluss begriffen ist. Solches sehen wir z. B. gelegentlich bei den Eiern von Schwämmen und Medusen. Ausserdem können wir auch hier wieder auf das Amöbenstadium von Colpoda cucullus hinweisen. Wir sehen nicht ein, wie in dem Leibe einer solchen Amöbe die Möglichkeit einer bestimmten Anordnung von Organkeimchen gegeben sein soll, so wenig, wie uns dies bei Eiern von Medusen und Schwämmen und bei anderen amöbenähnlichen Eiern annehmbar erscheint. Bei einem Infusorium wie Stentor, das man in zwei Stücke teilen kann, von denen sich jedes wieder zu einem vollständigen Tier regeneriert, ist gleichfalls nicht ersichtlich, wie auf Grund der Annahme, das ganze Tier liesse sich in seiner Eigenschaft als Zelle mit einem Komplex bestimmt angeordneter Organteilchen vergleichen, eine Regeneration zustande kommen soll. Denn wenn wir ein solches Tier durchschneiden, so nehmen wir ihm ja einen Theil dieses Komplexes. Wie soll nun dessen restierender Teil, der ja ganz anders aussieht als der abgetrennte, es fertig bringen, den letzteren zu regenerieren?

Nach alledem erscheint die Annahme, der Leib der Eizelle stelle einen Komplex bestimmt angeordneter Organkeimchen dar, ebenso wenig plausibel wie die, ein solcher Komplex sei im Centrosoma, das übrigens sehr klein ist und auch in der Mehrzahl vorhanden sein kann, enthalten.

10. Im Protoplasma finden sich mehrere unter sich gleiche Komplexe bestimmt angeordneter Organkeimchen.

Auch mit dieser Annahme ist uns nicht gedient. Wir brauchen mit Rücksicht auf das unter 9. Gesagte nicht weiter auf sie einzugehen.

11. Sowohl der Kern als auch das Protoplasma besteht aus je einem Komplex bestimmt angeordneter Organkeimchen.

Von diesen Komplexen könnten wir wegen der sichtbaren Verschiedenheiten von Kern und Protoplasma annehmen, dass sie ungleich sind. Der Annahme, dass im Kern nur ein einziger solcher Komplex vorhanden wäre, widersprechen die Vorgänge der Kernteilung. Die weitere, dass das Protoplasma einen Komplex von Organkeimchen enthalte oder in seiner Gesamtmasse einen solchen darstelle, stösst auf die unter 9. geschilderten Schwierigkeiten. Beide Annahmen werden dadurch nicht plausibler, dass wir sie zu einer einzigen verschmelzen.

12. Kern und Protoplasma bestehen aus Komplexen bestimmt angeordneter Organkeimchen, und sowohl im Kern als auch im Protoplasma sind solche Komplexe mehrfach vorhanden.

Wenn man die Granulatheorie annimmt, wonach sowohl das Protoplasma als auch die Kernsubstanz im wesentlichen aus kleinen Körnchen, den Granulis, besteht, so kann man, es sei denn, dass man annehmen wolle, die Granula seien unter sich verschieden, in jedem Granulum einen Komplex von Organkeimchen erblicken. Aber dann wüsste man nicht, wie die bestimmte Verteilung der Organe im Körper zustande kommen sollte. Es empfiehlt sich also auch diese Annahme sehr wenig.

Ein Rückblick auf die hier besprochenen Möglichkeiten ergiebt, dass es sich nur bei der unter 2. genannten lohnt, sie weiter zu verfolgen, als es in obiger Übersicht geschehen ist. Wir hatten diese Möglichkeit dahin formuliert, dass im Protoplasma des Eies ein bestimmter Stoff vorhanden sei, der dem Organismus seine Form giebt, und dass das chemische Differentwerden der verschiedenen Organe des Körpers darauf beruhe, dass an der einen Stelle diese, an der anderen jene chemischen Processe Platz greifen. Wir müssen uns aber eine viel genauere Vorstellung von der Art und Weise machen, auf welche dies geschieht, und zu diesem Zwecke uns das, was wir über den Bau des Protoplasmas und des Kernes und über deren Bestandteile in Erfahrung gebracht haben, ins Gedächtnis zurückrufen.

Wir hatten eine Anzahl verschiedener Auffassungen der Protoplasmastruktur kennen gelernt und uns dahin geeinigt, dass wohl alle diese Auffassungen mehr oder minder zu Recht bestehen, dass man aber keine von ihnen unter Vernachlässigung der anderen in den Vordergrund schieben darf. Demgemäss haben wir gleich dem Kern auch das Protoplasma als ein Gemenge verschiedener Substanzen zu betrachten. Unter diesen tritt vor allem diejenige hervor, die das Centrosoma umgiebt und oft eine Strahlensonne bildet. Man hat diese Substanz Archoplasma genannt. Gesetzt nun, dieses Archoplasma wäre vermöge seiner Eigenschaften befähigt, sich in ganz bestimmter Weise, d. h.

nach bestimmten Symmetrieverhältnissen, um das Centrosoma anzuordnen, und seine Anordnungen nach Störungen wieder zu gewinnen, so wäre damit vielleicht ein Ausgangspunkt für den weiteren Aufbau des Organismus gegeben.

Ausser dem Archoplasma giebt es aber noch manche andere Stoffe in der Eizelle, über deren Anzahl wir heute noch ganz im Unklaren sind. Ein Teil dieser Stoffe sammelt sich, wenigstens in vielen tierischen Eizellen, an einer besonderen Stelle an, um hier den sogenannten Nahrungsdotter zu bilden, der an den Entwickelungsvorgängen in mehr passiver Weise teilnimmt, als der eigentliche, im Gegensatz zum Nahrungsdotter als Bildungsdotter bezeichnete, protoplasmatische Teil des Eies.

In den Eizellen vieler Tiere ist die Menge des Nahrungsdotters verglichen mit der des Bildungsdotters ganz ausserordentlich gross. Das gilt namentlich von den Eiern der Vögel, z. B. von denen des Huhnes. Der grösste Teil des allbekannten gelben Hühnereidotters besteht aus Nahrungsdotter. Nur an einer kleinen Stelle der Oberfläche dieses Nahrungsdotters ist Bildungsdotter angehäuft, nämlich da, wo sich der wohlbekannte sogenannte Hahnentritt, die Cicatricula, befindet. Von hier aus umschliesst der Bildungsdotter in einer ganz feinen Schicht den Nahrungsdotter. Im Bildungsdotter ist der Zellkern mit dem Centrosoma gelegen; indessen hat auf dem Stadium, auf welchem das Vogelei gelegt wird, schon eine ziemlich starke Vermehrung der Zellen stattgefunden, die aus der Teilung der durch den Bildungsdotter mit ihrem Kern dargestellten Eizelle hervorgegangen sind. So gewaltig wie beim Vogel- und auch beim Reptilienei und manchen Fischeiern ist nun freilich die Menge des Nahrungsdotters bei anderen Eiern nicht, und bei vielen Eiern lässt sich überhaupt kein Nahrungsdotter nachweisen. Indessen greift man kaum fehl, wenn man annimmt, dass etwas Nahrungsdotter wohl in allen tierischen Eiern vorhanden, nur dass er nicht überall sichtbar vom Bildungsdotter gesondert, sondern vielfach von diesem maskiert ist. Etwas dem Nahrungsdotter der Tiereier entsprechendes ist auch wohl in pflanzlichen Eizellen anzunehmen, weshalb das folgende, das in erster Linie die Keimesgeschichte der Tiere im Auge hat, mutatis mutandis auch für die Pflanzen gilt.

Der Nahrungsdotter nimmt in jedem einzelnen Falle eine ganz bestimmte und für die betreffende Art charakteristische Lage in der Eizelle ein, und für uns würde die Notwendigkeit dieser bestimmten Lage begreiflich werden, wenn wir die Archoplasmasonne eine bestimmte Symmetrie haben lassen. Wenn diese z. B. die Symmetrieverhältnisse eines Ovoids oder eines zweiseitig-symmetrischen Körpers hat, werden die Archoplasmastrahlen an gewissen Stellen, z. B. an dem

einen Pol des Ovoids, wenn auch nicht gerade in sichtbarer Weise, stärker auseinander weichen, als an dem entgegengesetzten, so dass an jenem mehr Platz ist für die Ansammlung von Nahrungsdotter als an diesem. Der Nahrungsdotter wird sich jedenfalls an derjenigen Stelle der Eizelle ansammeln, wo die Symmetrie der Archoplasmasonne dies begünstigt. Ähnliches wie für den Nahrungsdotter muss auch für den Kern der Eizelle gelten. Auch dieser wird diejenige Lage einnehmen, wo, wenn wir uns so ausdrücken dürfen, der bequemste Platz für ihn ist. Um uns etwas wissenschaftlicher auszudrücken, können wir sagen, sowohl der Nahrungsdotter als auch der Kern beobachten in der Lage, die sie in der Eizelle einnehmen, das Princip des kleinsten Widerstandes.

Jetzt müssen wir uns der Thatsache erinnern, dass der Kern mit dem Protoplasma der Zelle in Stoffaustausch steht. Das Gleiche gilt ganz sicher von dem Nahrungsdotter, der dabei allerdings im Nachteil ist, weil er im Verlaufe der Entwickelung aufgebraucht wird. An seiner Peripherie finden jedenfalls, ebenso wie an der Peripherie des Kernes, lebhafte chemische Processe statt. Diese müssen wegen der bestimmten Lokalisation des Kerns und des Nahrungsdotters ebenfalls in bestimmter Weise lokalisiert sein, und weil dies der Fall sein muss, deshalb müssen sich auch die sonstigen chemischen Processe, die sich im Protoplasma abspielen, ebenfalls in bestimmter Weise lokalisieren, so dass wir das in Entwickelung begriffene Ei als ein kleines chemisches Laboratorium oder auch als eine chemische Fabrik ansehen können, worin an ganz bestimmten Stellen ganz bestimmte chemische Processe stattfinden. Die Keimesgeschichte von Tieren wie Colpoda cucullus wäre hiernach begreiflich.

Nun teilt sich aber das Ei in den meisten Fällen bald nach seiner Befruchtung, und bei Eiern, die eine Symmetrieebene oder deren mehrere haben, kann es nicht wohl anders sein, als dass sich die durch das Ei gelegten Teilungsebenen in bestimmter Weise zu dessen Symmetrieebenen verhalten, dass sie entweder mit ihnen zusammenfallen, oder in dieser oder jener bestimmten Lage zu ihnen stehen. Das ist nun in der That vielfach der Fall, wenn sich auch die Eier verschiedener Tiere in Bezug auf diesen Punkt gewöhnlich etwas verschieden verhalten.

Wenn nun die Teilungsebenen der Eizelle mit deren Symmetrieebenen zusammenfallen oder bestimmt zu ihnen gerichtet sind, so müssen die Symmetrieverhältnisse des aus der Teilung der Eizelle hervorgehenden Zellhaufens dieselben sein, wie die der Eizelle, und hieran können auch fernere Zellteilungen nichts ändern. Auch wo die sogenannte Eifurchung, wodurch das Ei in zahlreiche Zellen geteilt wird, sei es normaler-, sei es abnormerweise, nicht ganz regelmässig vor sich geht, und wo die

aus der Teilung der Eizelle hervorgehenden Zellen nur einen ganz lockeren Verband bilden, wohl gar isoliert nebeneinander liegen, da muss, falls unsere Anschauungen über die Symmetrieverhältnisse der Eizelle richtig sind, doch eine nachträgliche Regulierung des aus der Teilung der Eizelle hervorgegangenen Zellhaufens im Sinn der Hervorbringung einer bestimmten Symmetrie platzgreifen. Denn jede der aus der Teilung der Eizelle hervorgehenden Zellen erhält einen Kern und ein Centrosoma mit Archoplasmasonne. Infolge dessen muss jede Zelle eine bestimmte Symmetrie annehmen; und da es, wie gewisse Beobachtungen gezeigt haben, sehr wahrscheinlich ist, dass die Zellen aufeinander einwirken, so ist anzunehmen, dass sie sich gemäss der Polarität, die durch die Symmetrie ihrer Archoplasmasonne bei ihnen bedingt wird und eine bestimmte Verteilung der in ihnen stattfindenden chemischen Processe zur Folge hat, in eine bestimmte Lage zueinander bringen. Wir müssen nämlich annehmen, dass bestimmte Stoffe einer aus der Teilung der Eizelle hervorgangenen Furchungszelle zu gewissen in anderen Furchungszellen enthaltenen oder von ihnen abgegebenen Stoffen eine grössere sogenannte Wahlverwandtschaft haben, als zu anderen, und dass dies von Einfluss auf die Orientierung der Furchungszellen ist, ebenso, wie die Verteilung gewisser Nahrungsstoffe im Wasser von Einfluss auf die Orientierung mancher einzelliger Urtiere ist. Es ist also schon von vornherein sehr wahrscheinlich, dass auch solche Furchungszellen, die ursprünglich nur einen ganz lockeren Verband bilden, sich später in ganz bestimmter Weise anordnen; und wenn jede von ihnen bestimmte Symmetrieverhältnisse zeigt, die ursprünglich gleich den Symmetrieverhältnissen der ungeteilten Eizelle sind, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass der Zellhaufen, den sie nach der Regulation ihrer Anordnung darstellen, wieder dieselben Symmetrieverhältnisse zeigt. So begreift man auch die Regeneration (s. S. 133).

Die auf Grund unserer Überlegungen gewonnene Anschauung wird durch thatsächliche Befunde gestützt. Man kann z. B. Furchungszellen von Seeigeln und Fröschen gewissermaassen wie Billardkugeln durcheinander werfen und gleichwohl die einen wohlgestaltete Seeigellarven, die anderen normale Froschembryonen bilden sehen. Schon hieraus geht hervor, dass die Zellen ursprünglich einander gleichwertig sind und also wohl auch dieselben Symmetrieverhältnisse haben. Dies wird übrigens auch dadurch bestätigt, dass es Tiere giebt, bei denen man die zwei ersten oder auch die vier ersten Furchungszellen vollständig voneinander isolieren kann, um zu sehen, dass sich aus jeder von ihnen ein regelrechter Embryo entwickelt.

Aber die Furchungszellen können auch sehr ungleich sein, z. B. bei den Eiern mit viel Nahrungsdotter. Über kurz oder lang, und zwar bei den Eiern der einen Tiere früher, bei denen der anderen später,

kommt es hier zur Sonderung von Zellen mit viel von solchen mit wenig Nahrungsdotter, und die ersteren nehmen gemäss der ursprünglichen Lage des Nahrungsdotters in der Eizelle zu den letzteren eine ganz bestimmte Lage ein. Daraus und aus der berechtigten Annahme, dass jede Eizelle etwas Nahrungsdotter birgt, lässt sich nun der Schluss ziehen, dass auch die chemischen Processe in den aus der Furchung hervorgehenden Zellen allmählich immer verschiedener voneinander werden. Denn wenn die Symmetrieverhältnisse der Eizelle eine ganz bestimmte Verteilung der in ihr stattfindenden chemischen Processe im Gefolge haben, so kann es nicht wohl anders sein, als dass die chemischen Processe in Furchungszellen, die von verschiedenen Teilen der Eizelle abstammen, voneinander verschieden werden müssen. Und auf diese Weise können wir uns vorstellen, dass schliesslich an bestimmten Körperstellen z. B. Muskelsubstanz, an anderen Nervensubstanz, an noch anderen Knochen- oder Hornsubstanz gebildet werden muss.

Es erscheint auch von vornherein wahrscheinlich, dass die Kerne der verschiedenen Zellenarten, die schliesslich den Organismus konstituieren, voneinander verschieden sein müssen, da sie ja in der einen Zelle in der Nähe dieser, in der anderen in der Nachbarschaft jener Substanz liegen. Bei manchen Organismen wird die Differenzierung der Zellleiber und der Zellkerne allerdings einen höheren oder geringeren Grad erreichen als bei anderen; das lehren uns wenigstens die Thatsachen. So sind z. B. die Pflanzenzellen in hohem Grade untereinander gleich, so dass bei manchen Pflanzen eine Zelle, etwa eine solche eines Begonienblattes, so wenig von den ersten Zellen des Embryo verschieden ist, dass sie wiederum eine ganze Pflanze zu producieren vermag. Von den Zellen, aus welchen die Keimzellen der Organismen hervorgehen, müssen wir gleichfalls annehmen, dass sie in ihrer chemischen Zusammensetzung kaum oder nicht von den Eizellen abweichen. Von der Eizelle stammen einerseits Organzellen ab, die sich in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung sehr von ihr unterscheiden, anderseits solche Zellen, die in ihren wesentlichen Eigenschaften wenig von der Eizelle verschieden und mit dieser durch eine Generationsfolge von ihnen gleichen Zellen direkt genetisch verbunden sind, so dass sich hieraus erklärt, warum ein Individuum befähigt ist, Keimzellen zu erzeugen, die im wesentlichen der Eizelle, aus welcher es hervorgegangen ist, gleichen.

Das Hauptresultat der in diesem Abschnitt angestellten Untersuchung können wir folgendermaassen formulieren: Ein einziger Stoff, wahrscheinlich der des Archoplasmas, bestimmt die Symmetrie der Eizelle und damit die des ganzen Organismus. Diesen Stoff können wir als den Bildungsstoff des Organismus bezeichnen, wenn wir es nicht vorziehen, auch alle anderen in der Eizelle enthaltenen Stoffe Bildungs-

stoffe zu nennen. In diesem Falle würde jener eine Stoff Grundformungsstoff, promorphoplastischer Stoff, genannt werden können.

In manchen Fällen ist nun die Entwickelung des Organismus aus der Eizelle, wenn auch nicht völlig, so doch in hohem Grade unabhängig von äusseren Einflüssen. In anderen dagegen spielen die äusseren Einflüsse eine ausserordentlich grosse Rolle. Hierdurch werden wir auf eine nähere Betrachtung des Formbildungsgrundes hingewiesen, die wir im nächsten Hauptstück anstellen wollen.

Als Ausgangspunkt der Untersuchung, mit der sich der vorliegende Abschnitt beschäftigte, konnten wir kaum einen besseren wählen, als eine Darstellung des Entwickelungscyklus von Colpoda cucullus, der durch Rhumbler („Die verschiedenen Cystenbildungen und die Entwickelungsgeschichte der holotrichen Infusoriengattung Colpoda." Zeitschr. f. wiss. Zool. 1888) lückenlos festgestellt worden ist; denn die bemerkenswerte Keimesgeschichte dieses Tieres zeigt uns, dass die organische Entwickelung nicht auf Präformation der einzelnen Teile des Tier- und Pflanzenkörpers im Keime, wie sie von den alten „Evolutionisten" Swammerdam, Malpighi, Leeuwenhoek, Spalanzani, Albrecht von Haller u. a. angenommen wurde, beruhen kann. Diese glaubten bekanntlich, dass der ganze Organismus im Keime „eingewickelt", „involviert", vorgebildet oder präformiert sei, und daraus durch „Auswickelung", „Evolution" — ein Wort, das von englisch schreibenden Schriftstellern übrigens für organische Entwickelung überhaupt gebraucht wird, ob sie nun auf Präformation beruht oder nicht — hervorginge. Die Evolutionstheorie, die zur Vermeidung von Missverständnissen besser Präformationstheorie genannt wird, hat neuerdings durch August Weismann, und bis zu einem gewissen Grade auch durch Wilhelm Roux, eine moderne Gestalt erhalten. Seit der Zeit der alten bis zu der unsrigen der modernen Evolutionisten sind zahlreiche Ansichten, Hypothesen und Theorieen über die Elementarprocesse der organischen Entwickelung veröffentlicht worden, von denen das Wesentlichste im folgenden hervorgehoben werden mag.

Bereits Maupertuis („Vénus physique. Dissertation physique à l'occasion du nègre blanc." 1748) nahm, wie es viele Theoretiker noch heute thun, besondere repräsentative, das heisst für specifische Organe bestimmte Keimchen an. Buffon („Histoire naturelle," Vol. X, Paris 1804) liess den Organismus sich aus organischen unsterblichen Molekülen bilden, die von aussen aufgenommen wurden. Erasmus Darwin („Zoonomia or the Laws of organic Life." 2. Vol., London 1794—96) sprach Ideen aus, ähnlich denen, die später sein Enkel Charles Darwin (s. unten) durch seine Pangenesishypothese neuerdings in Umlauf brachte. Vorher hatte aber schon Caspar Friedrich Wolff in seiner „Theoria generationis" (Halle a./S. 1774) die Epigenesislehre entwickelt, die in unserm Jahrhundert die herrschende, neuerdings aber wieder bedroht wurde. Wolff vertrat den Satz, dass das, was im Keime nicht wahrnehmbar sei, auch nicht in ihm enthalten sein könne, dass die Beschaffenheit des Keimes also nicht auf Präformation beruhe, sondern dass sich aus einem in sich gleichförmigen Keimstoff alle Organe des Tier- und Pflanzenkörpers erst nach und nach entwickeln. Er suchte seine Theorie durch Thatsachen zu erhärten, indem er den Nachweis zu führen sich bemühte, dass die einzelnen Organe der Pflanzen nach und nach und allmählich auftreten, sich sondern und ausgestalten, und dass beim sich im Ei entwickelnden Hühnchen der Darm aus einer blattförmigen Anlage hervorgehe.

Unter den Forschern unseres Jahrhunderts vertrat Chevreul die erste rein chemische Theorie des Lebens in seinen „Considérations générales sur l'analyse organique et ses applications" (Paris 1824). Brücke sprach 1861 die Ansicht aus,

dass die Zelle nicht der letzte Elementarorganismus sei, sondern die Elementarorganismen vielmehr in sich berge („Die Elementarorganismen“, Sitzungsberichte d. kaiserl. Akademie d. Wiss. zu Wien, 1861). Eine eigentliche Vererbungs- und Formbildungstheorie stellte unter den Neueren aber erst Herbert Spencer auf („Principles of Biology“, 1864/8). Er lässt den Organismus aus sogenannten physiologischen Einheiten bestehen, die das Vermögen haben, die Formen der einzelnen Orgarnismenarten in ähnlicher Weise zu bestimmen, wie das System, in welchem eine Substanz krystallisiert, von der Beschaffenheit ihrer Moleküle abhängt. Seine physiologischen Einheiten stattet Spencer mit Polarität, mit Anziehungspolen aus, und dadurch gewinnt er die Möglichkeit, aus den einander anziehenden Einheiten den Organismus aufzubauen. Die Verschiedenheit der einzelnen Körperteile eines und desselben Organismus soll durch Unterschiede in der Anordnung der unter sich gleichen Einheiten, die Verschiedenheit der einzelnen Organismenarten dagegen, und die der Individuen einer Art, auf Verschiedenheiten der Einheiten selbst beruhen. Von Spencers Anschauungen sehr verschieden ist Charles Darwins 1868 publicierte Theorie der Pangenesis. (Vergl. Charles Darwin, „Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation“.) Darwin hat diese Theorie als eine „provisorische“ bezeichnet, woraus man irrtümlicherweise den Schluss gezogen hat, dass es sich dabei lediglich um eine formale Erklärung der Vererbungs- und Abänderungserscheinungen handle. Das kann aber auf keinen Fall zugegeben werden; denn Darwin war trotz seiner Neigung zum Theoretisieren ein praktischer Engländer, dem formale Theorieen fern standen; und wenn er seine Pangenesislehre als eine „provisorische Hypothese“ bezeichnete, so wollte er damit nur ausdrücken, dass sie verbesserungsfähig sei, nicht aber, dass ihre Annahmen der Wirklichkeit nicht entsprächen. Die Pangenesislehre ist auch sehr anschaulich und lehrt, in kurzen Zügen dargestellt, das folgende: Darwin nahm an, dass sich die Zellen nicht bloss durch Teilung vermehren, sondern dass sie während der ganzen Dauer ihres Lebens kleine Keimchen, Gemmulae, wie sie Darwin nannte, abgeben, die aus den Zellen heraustreten und sich in den Fortpflanzungsorganen sammeln sollten, um hier die Keimzellen, die Ei- und Samenzellen, zu bilden. Dadurch also, dass von jeder Zelle eines Individuums während der ganzen Dauer ihres Daseins solche Gemmulae abgegeben und den in diesem Individuum sich entwickelnden Keimzellen zugeführt würden, sollten die letzteren befähigt werden, alle diejenigen Entwickelungsstadien wieder zu durchlaufen, die der elterliche Organismus durchgemacht hatte, und zwar sollte dies dadurch möglich sein, dass sich zuerst diejenigen Gemmulae zu Zellen entwickelten, welche von den ersten Zellen, die aus der befruchteten Eizelle des elterlichen Organismus hervorgegangen waren, abgegeben worden waren, darauf die der nächstfolgenden Zellen, u. s. w. Aus dieser Annahme ergab sich mit Notwendigkeit die fernere, dass die Umbildung der Gemmulae zu Zellen zu richtiger Zeit und am richtigen Ort stattfinden müsse, und dass die Entwickelung der Gemmulae davon abhängig sei, ob gewisse andere Gemmulae, die ihnen in der Entwickelung voraufgehen mussten, sich bereits zu Zellen ausgebildet hatten oder nicht. Darwin nahm ferner an, dass die Gemmulae verändert werden könnten, und daraus folgte, dass sich auch Veränderungen, die sich infolge äusserer Beeinflussungen an irgend einem Teile eines Individuums vollzogen hatten, auf die sich in diesem Individuum entwickelnden Keimzellen und damit auf die aus diesen Keimzellen entstehenden Nachkommen übertragen mussten. Darwin suchte also die Vererbung erworbener Eigenschaften zu erklären, weil er die Annahme einer solchen nicht entbehren zu können glaubte, während viele seiner heutigen Nachfolger die Möglichkeit einer Vererbung erworbener Eigenschaften leugnen. Zu der von Caspar Friedrich Wolff aufgestellten Theorie der Epigenesis setzt sich Darwins

Pangenesislehre in Widerspruch. Sie ist zum grossen Teil präformistisch, denn sie nimmt an, dass alle Zellen eines Individuums, das sich aus der befruchteten Eizelle entwickeln soll, in dieser letzteren durch einzelne Keime vorgebildet sind.

An der Hypothese vom Transport der Darwinschen Gemmulae nahm u. a. Galton („A Theory of Heredity". Contemporary Review 1875) Anstoss. Deshalb stellte er die Lehre vom „Stirp" auf, die im wesentlichen auf die Lehre Gustav Jaegers von der „Reservation des Keimprotoplasmas" und die von Weismann von der „Kontinuität des Keimplasmas" hinausläuft, diese Theorieen anticipiert und daneben an Darwins Gemmulae festhält. Elsberg („Regeneration or the preservation of organic molecules". Proceedings of the American Association f. the Advancement of Science, 1874, und „On the Plastidule Hypothesis", Ibidem, 1876) verwarf diese und setzte an ihre Stelle seine Plastidule, von denen es nicht recht klar ist, ob sie chemische Moleküle sind oder nicht, und die sich nicht gleich Darwins Gemmulae fortpflanzen, sondern durch von sich ausgehende Einflüsse in ihrer Umgebung neue Plastidule entstehen lassen. Inzwischen hatte Ewald Hering seine Abhandlung über „Das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organisierten Materie" (1870) geschrieben, die Haeckel nebst der Elsbergschen Plastidulhypothese bei der Konstruktion seiner Lehre über „Die Perigenesis der Plastidule oder die Wellenzeugung der Lebensteilchen" (Berlin 1876) verwertete. (Vergl. S. 27.) Unter Plastidulen versteht Haeckel die Moleküle des Plasmas. Es sind also chemische Individualitäten, von denen er ausgeht. Diese sollen eine Wellenbewegung ausführen, die sich von Generation auf Generation überträgt und dadurch die Vererbung bewirkt, aber auch durch äussere Einflüsse abgeändert werden kann. Haeckel vergleicht diese Wellenbewegung mit der des Schalls und der des Lichtes; indessen handelt es sich bei der Fortpflanzung der Schall- und Lichtwellen um Bewegung innerhalb eines ungegliederten gleichmässigen Mediums, während die Wellenbewegung der Plastidule den Stoff, in welchem sie vor sich geht, fortwährend neu erzeugen würde. Schon vor Haeckel hatte His („Unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung", Leipzig 1875) Anschauungen geäussert, die eine gewisse Ahnlichkeit mit den Haeckelschen haben, weshalb man auch ihn nebst Cope und Orr (über Cope und Orr vergl. S. 27) den „Perigenisten" Elsberg und Haeckel angereiht hat. (Vergl. Delage, „La structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale", Paris 1895.) Seine Haupttheorie ist aber die Lehre von den organbildenden Keimbezirken, die den Leib der Eizelle aus Organkeimen bestehen lässt. Im Zellleibe des Eies sollen verschiedene Bezirke unterschieden sein, die späteren Körperregionen entsprechen. Dadurch, dass jeder dieser Bezirke seiner eigenen Wachstumsrichtung folgt, sollen, nachdem der Keim durch wiederholte Teilung der Eizelle mehrzellig geworden ist, Faltenbildungen entstehen, aus denen sich die verschiedenen Organe des Körpers formen, eine Anschauung, die früher schon Lotze ausgesprochen hatte und auf deren Bedeutung His unabhängig von Lotze aufmerksam machte. Wenn eine ovale Platte sich an verschiedenen Stellen in verschiedener Weise ausdehnt, so müssen notwendigerweise Faltenbildungen entstehen, und diese können leicht dazu führen, dass die einzelnen Falten sich berühren und miteinander verwachsen. In der That sehen wir denn auch, dass solche Faltenbildungen und Verwachsungen bei der Entwickelung des Embryo die grösste Rolle spielen. Unzweifelhaft sind sie durch ungleiche Wachstumsverhältnisse in den einzelnen Körperregionen des Embryo zu erklären. Dass sich aber diese letzteren auf die ungeteilte Eizelle zurückführen lassen müssen, ist ohne weiteres klar; denn es würde nicht zu verstehen sein, wie etwa aus einer kugelförmigen Eizelle um deren Mittelpunkt herum die Keimsubstanz nach allen Seiten hin gleichmässig angeordnet ist, ein Zellenhaufen,

dessen einzelne Zellen ungleiches Wachstum zeigen, hervorgehen könnte. Aus einer derartigen Eizelle kann sich vielmehr nur ein Zellengebilde entwickeln, dass in allen seinen Teilen gleiches Wachstum besitzt. Die Eizelle muss also schon eine bestimmte Form haben, wenn eine bestimmte Körpergestalt daraus hervorgehen soll, und darauf hat His hingewiesen. Die Beobachtung lehrt auch, dass sehr viele Eizellen schon aufs deutlichste bestimmte Symmetrieverhältnisse erkennen lassen, so das Insekten- und Amphibienei.

Maggi (s. Register und Litteraturverzeichnis) lässt Plastidule, die den späteren Granulis oder Bioblasten Altmanns (vergl. S. 54) entsprechen, in einer „Glia", einer gemeinsamen Grundsubstanz, eingebettet sein. Gustav Jaeger („Zur Pangenesis", Kosmos 1879) bekennt sich im allgemeinen zu Darwins Pangenesislehre, setzt aber an die Stelle der Darwinschen Gemmulae viel kleinere Gebilde aus Duftstoffen, von denen er annahm, dass sie leicht die Gewebe des Körpers durchdringen und in die sich bildenden Keimzellen gelangen könnten. Jaeger geht sogar soweit, Ehegatten, die lange Jahre hindurch gegenseitig ihre individuellen Duftstoffe eingeatmet haben, in ihrer Gesichtsbildung einander ähnlich werden zu lassen. Ja, er lässt auch die Form von Pflanzenblättern durch den von gänzlich verschiedenen anderen neben ihnen stehenden Pflanzen ausgehenden Duft beeinflussen. Nach alledem wären es also gewisse vom Körper erzeugte chemische Stoffe, die bei der Formenbildung eine grosse Rolle spielen und auch, indem sie die Keimzellen imprägnieren, die Vererbung bewirken. Es ist übrigens bekannt, dass Bestandteile der Nahrung die Formen der Organismen beeinflussen. So z. B. wirkt der stärkere oder geringere Salzgehalt des Wassers auf die Formen gewisser in ihm lebender Krebse (Artemia) ein und der Chemismus spielt bei der Formbildung sicher eine grosse Rolle.

Physikalich-chemisch ist die Entwickelungstheorie von Goette („Entwickelungsgeschichte der Unke", Leipzig 1875), in welcher Diffusionsvorgänge eine grosse Rolle spielen.

Fol („Recherches sur la fécondation et le commencement de l'hénogénése", Génève 1879) zog eine rein physikalische Anschauung vor und liess „elektrische Granulationen" die Hauptrolle bei der keimesgeschichtlichen Entwickelung spielen, ohne indessen eine ausgebaute Theorie zu liefern. Dagegen schrieb v. Hanstein („Beiträge zur allgemeinen Morphologie der Pflanzen" in „Botan. Abhandlungen aus dem Gebiete der Morphologie und der Physiologie", IV, Bonn 1882) wieder dem Chemismus des Bildungsmateriales, des „Plastins", die grösste Bedeutung zu. Sachs bekannte sich zu der Anschauung, dass die Micelle Nägelis (s. unten), die Sachs als kleine Krystalle auffasste und sich in bestimmter Weise angeordnet dachte, die Formenbildner seien. Auf Darwins Gemmulae kommt Brooks („The Law of Heredity", Baltimore 1883) zurück, der sie aber nur in der männlichen Keimzelle enthalten sein lässt, während die weibliche eine andere Art von Keimchen („germes") bergen soll. Ewige „Microcymas", also kleine Gährungserreger, beherrschen den organischen Formungsprocess nach Béchamp („Les Microzymas etc." Paris 1883).

Im Jahre 1884 publicierte Nägeli seine „Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre", mit der wir uns etwas eingehender beschäftigen müssen. Er verlegt die Vererbungssubstanz in den Zellleib, dessen wesentlichster Bestandteil nach ihm das „Idioplasma" ist, d. h. der den Organismus gestaltende Stoff. Das Idioplasma hat nach Nägeli bei verschiedenen Organismenarten einen verschiedenen Bau, und sein Schema ist das folgende: Die letzten Bausteine sind nicht die Moleküle, sondern Molekülgruppen, die Nägeli Micelle nannte. Diese Micelle sind von verschiedener Grösse und aus verschiedenen Stoffen aufgebaut; sie ordnen sich in Reihen an, die sich der Länge nach aneinander legen, etwa in der Weise, wie man Perlschnüre zu Bündeln vereinigen könnte. Dadurch entstehen aber nicht nur

Längsreihen, sondern auch Querreihen von Micellen in den Idioplasmasträngen, die durch die Aneinanderlagerung der Micellreihen gebildet werden. Diese Idioplasmastränge durchsetzen den Organismus der Tiere und Pflanzen, und die Verschiedenheit der Anordnung der Micelle in ihnen, sowie die Abweichungen in Grösse, Form und chemischer Zusammensetzung der einzelnen Micelle haben die Verschiedenheiten der einzelnen Tier- und Pflanzenarten zur Folge. Wie nun aus der Eizelle der fertige Organismus nach und nach entsteht, hat Nägeli nur angedeutet. Man muss annehmen, dass in der einen Körpergegend diese, in der andern jene Micellreihen zur Wirksamkeit gelangen und dadurch die Natur der betreffenden Zellen bestimmen. Hieraus ist aber nicht etwa der Schluss zu ziehen, dass die einzelnen Micellreihen Nägelis gewissermaassen Keimchen für besondere Zellen oder Zellgruppen seien, sondern Nägeli denkt sich, dass immer eine Anzahl verschiedener Micellreihen der Idioplasmastränge zusammenwirken, um über die Natur einer Zelle, beziehungsweise eines Organs, zu entscheiden. Nach der Idioplasmatheorie Nägelis hat man sich vorzustellen, dass es von der Lage der einzelnen Zellen in dem sich entwickelnden Körper abhängt, ob diese oder jene Kombination von Micellreihen die Bildung des Organs bewirken soll. Nägeli denkt sich die Funktionen der Organe, die uns alle nur in sehr zusammengesetzter Form wahrnehmbar seien, im Idioplasma in ihre wirklichen Elemente zerlegt; aber er verwahrt sich ausdrücklich dagegen, dass er da, wo er von Anlagen spricht, diese im wörtlichen Sinne aufgefasst wissen wolle.

Im Gegensatz zu Nägeli, der seine Idioplasmastränge im Zellleib ein Netzwerk bilden lässt, verlegt Strasburger („Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen als Grundlage für eine Theorie der Zeugung“, Jena 1884) das eigentliche Bildungsmaterial oder die Vererbungssubstanz in den Zellkern, wie es auch O. Hertwig („Das Problem der Befruchtung und der Isotropie des Eies. Eine Theorie der Vererbung“, Jena 1884) und Kölliker („Die Bedeutung der Zellkerne für die Vorgänge der Vererbung“, Zeitschr. f. wiss. Zoologie 1885) thaten.

Zu den Forschern, die den organischen Formbildungsprocess auf Chemismus beruhen lassen, gehören Gautier und Danilewsky, welche in den Keimzellen keine Vererbungsträger ausser den Molekülen annehmen. Im denkbar grössten Gegensatz dazu steht die Ansicht Gaules („Über die Bedeutung der Cytozoen etc.“, Biol. Centralblatt 1886). Er hält gewisse Blutparasiten (Haematozoen) und ihnen ähnliche kleine Organismen für die Bausteine des Tier- und Pflanzenkörpers, für dessen Elementarorganismen. Berthold („Studien über Protoplasmamechanik“, Leipzig 1886) kommt hingegen auf physikalisch-chemische Processe zurück, mit deren Hilfe er auch die Symmetrie der Körperformen zu erklären sucht. Die Stereometrie des Organismus ist auch das Hauptobjekt der Bemühungen von Hallez („Pourquois nous ressemblons à nos parents“, Paris 1886), der das Bildungsmaterial in den Leib der Eizelle verlegt und diesem einen komplicierten stereometrischen Bau zuschreibt. In den Anschauungen von Geddes und Thompson (Geddes, „Theory of Growth, Reproduction, Sex, and Heredity“, Proc. of the Royal Society of Edinburgh, 1886) spielen aufbauende und abreissende, „anabolische“ und „katabolische“ chemische Processe die Hauptrolle.

Der Darwinschen Pangenesislehre suchte de Vries („Intracellulare Pangenesis“, Jena 1889) eine neue Gestalt zu geben. Seine Theorie der intracellularen Pangenesis nimmt eine Mittelstellung zwischen einer präformistischen und einer epigenetischen Entwickelungslehre ein. De Vries geht von der Darwinschen Pangenesislehre aus, aber er verwirft die Annahme eines von den Körperzellen nach den Keimzellen hin erfolgenden Keimchentransports; er nimmt vielmehr an, dass alle Zellen,

und zwar die Zellkerne, Gemmulae, wie Darwin sie genannt hat, oder Pangene aller Art, wie de Vries diejenigen kleinsten Elemente des Plasmas nennt, in welchen die Zellen, stofflich wenigstens, vorgebildet sind, enthalten. Demgemäss würden in Muskelzellen aus dem Kern ausgewanderte Muskelpangene zur Ausbildung gelangen; in Zellen, aus denen Nervenzellen werden sollen, würden sich die Pangene der letzteren entwickeln; dagegen würden in den Nervenzellen so wenig wie in den Muskelzellen die ursprünglich auch in ihnen enthaltenen Pangene etwa der Hautzellen oder der Knochenzellen zur Ausbildung gelangen. Nach de Vries wählt also jede Zellenart gewissermaassen diejenigen Pangene, die ihre Natur bestimmen sollen, aus, um sich in die definitive Form umzubilden. Aber neben den in Aktion getretenen Pangenen bleiben andere Pangene, und in vielen Zellen, namentlich in denen der Pflanzen, alle Arten von Pangenen in einem ruhenden oder inaktiven Zustande liegen, um erst dann zur Entwickelung zu gelangen, wenn besondere Umstände eintreten. Solche Umstände sind in allen denjenigen Reizen zu erblicken, welche eine Regeneration verloren gegangener Körperteile oder auch eine Entwickelung ganzer Individuen aus einzelnen Zellengruppen oder aus einer einzelnen Zelle veranlassen. Bei Pflanzen, die sich durch Stecklinge fortpflanzen lassen, treten z. B. Wurzelpangene, die in dem Stecklinge enthalten sind, in Thätigkeit, einem von der Mutterpflanze getrennten Teil neue Wurzeln zu verschaffen. In Begonienblättern können sich einzelne Zellen zu ganzen Pflanzen umbilden; in diesen Zellen müssten also alle Arten von Pangenen enthalten sein. Ebenso müssten in dem abgeschnittenen Arm mancher Seesternarten Pangene der übrigen vier Arme und der Mittelscheibe des Seesterns schlummern; denn die betreffenden Seesterne sind befähigt, aus einem abgebrochenen Arm heraus die Mittelscheibe des sternförmigen Körpers und die übrigen Arme wiederzuerzeugen. Was de Vries veranlasst, seiner Lehre besondere Bedeutung beizulegen, ist der Umstand, dass sie mit einer verhältnismässig geringen Anzahl von Pangenen auskommen kann. Er sagt, die Organismen unterscheiden sich nicht in erster Linie durch verschiedene Arten von Pangenen, sondern dadurch, dass die Pangenmischungen bei ihnen in verschiedenen Verhältnissen vorkommen. So sollen bei vielen Pflanzenarten dieselben Arten von Pangenen, aber bei jeder Species in einer besonderen Mischung, vorhanden sein; auf specifischen Mischungsverhältnissen soll die specifische Eigentümlichkeit der Tier- und Pflanzenarten beruhen, weshalb de Vries mit einer verhältnismässig geringen Anzahl von Pangenen auszukommen glaubt. Auf welche Weise sich de Vries die charakteristische Verteilung der Organe zustande kommend denkt, sagt er nicht.

An de Vries schliesst sich bis zu einem gewissen Grade O. Hertwig an (vergl. besonders O. Hertwig, „Die Zelle und die Gewebe“, Jena 1892). Die letzten organischen Einheiten, die im Kern der Keimzelle enthalten sein sollen, und welche von Darwin Gemmulae, von de Vries Pangene genannt werden, nennt er Idioblasten. „Die hypothetischen Idioblasten,“ sagt Hertwig, „sind die kleinsten Stoffteilchen, in welche sich die Erbmasse oder das Idioplasma zerlegen lässt, und welche in ihm in grosser Zahl und verschiedener Qualität enthalten sind. Sie sind je nach ihrer verschiedenen stofflichen Natur die Träger besonderer Eigenschaften und rufen durch direkte Wirkung oder durch verschiedenartig kombiniertes Zusammenwirken die unzähligen morphologischen und physiologischen Merkmale hervor, welche wir an der Organismenwelt wahrnehmen. Sie lassen sich, um mich zweier Bilder zu bedienen, einmal den Buchstaben des Alphabets vergleichen, die gering an Zahl, doch durch ihre verschiedene Kombination Wörter und durch Kombination von Wörtern wieder Sätze von verschiedenartigstem Sinn bilden. Oder sie sind den Tönen vergleichbar, durch deren zeitliche Aufeinanderfolge und

gleichzeitige Kombination sich unendliche Harmonieen erzeugen lassen.“ Von den Idioblasten nimmt Hertwig dann an, dass sie sich durch Wachstum und Selbstteilung vermehren: „Die Fähigkeit der Selbstteilung kommt nicht nur der einzelnen Zelle als dem Elementar-Organismus zu, sondern nachgewiesenermaassen auch kleinen, in der Zelle eingeschlossenen, besonderen Stoffmengen. So vermehren sich durch Einschnürung die Chlorophyll-, Stärke- und Farbstoffbildner; die an der Grenze des mikroskopisch Wahrnehmbaren stehenden Polkörperchen beteiligen sich an der Kernsegmentierung durch Einschnürung; die Kernsegmente selbst zerfallen durch Längsspaltung in Tochtersegmente, und dies beruht, wie man vielfach annimmt, darauf, dass im Mutterfaden qualitativ verschiedene Einheiten, Mutterkörner, hintereinander aufgereiht sind, welche sich in zwei Tochterkörner einschnüren und sich dann auf die Tochtersegmente gleichmässig verteilen. Wenn es sich bei allen diesen Teilungen auch nicht um Idioblasten handelt, für welche wir eine viel geringere Grösse angenommen haben, so dürfen wir doch in ihnen Idioblastengruppen erblicken. Das Wertvolle der angeführten Beobachtungen für unsere Theorie besteht darin, dass sie uns lehren, wie in der Zelle kleine Stoffmengen selbständig wachsen und sich durch Teilung vervielfältigen können. Endlich sei noch eine letzte Annahme der Idioblastentheorie kurz berührt. Wenn aus einer Summe einzelner Anlagen ein bestimmter Organismus zustande kommen soll, so müssen die einzelnen Anlagen während des Entwickelungsprocesses sich in einer regelmässigen Folge entfalten. Aus Buchstaben entstehen Worte und aus Wörtern bestimmte Sätze mit einem logischen Inhalt, und desgleichen entstehen aus Einzeltönen Harmonieen und ganze Tonwerke nur durch zweckentsprechende Verknüpfung der Grundelemente. So müssen wir denn auch annehmen, dass in der Gesamtanlage die zahlreichen Idioblasten in einer gesetzmässigen Zusammenordnung enthalten sind. Hier liegt der für unsere Vorstellung mit den grössten Schwierigkeiten verbundene Teil der Theorie.“

An die Anschauungen von de Vries erinnern auch wieder die von Wiesner („Die Elementarstruktur und das Wachstum der lebenden Substanz“, Wien 1892). Er lässt jede specifische Gewebeart des Organismus, selbst das Holz der Pflanzen, aus seinen Plasomen bestehen, aus Elementarorganismen, die sich durch Teilung fortpflanzen. Da sie vorher wachsen müssen, glaubt Wiesner das Wachstum der Tier- und Pflanzenkörper durch das Wachstum der Plasome erklären zu können; wie das Wachstum der Plasome, die nach Wiesner doch auch Organismen sind, zu erklären sei, sagt er nicht.

Inzwischen hatte August Weismann eine Reihe kleinerer Schriften publiciert, denen 1892 eine grössere über „Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung“ (Jena 1892) folgte, während gleichzeitig die kleineren Schriften als „Aufsätze über Vererbung und verwandte biologische Fragen“ (Jena 1892), zu einem Bande vereinigt, neu herausgegeben wurden. Da Weismann unter allen neueren Theoretikern am meisten Gehör gefunden hat, so müssen wir seine Theorieen eingehender besprechen als die der übrigen Forscher.

Die Reihe der von Weismann nach und nach aufgestellten Theorieen wird eröffnet durch eine Unsterblichkeitslehre, entwickelt in einem im September 1881 gehaltenen Vortrag: „Über die Dauer des Lebens“. In dieser Veröffentlichung gelangt Weismann zu dem Ergebnis, dass diejenigen Tiere und Pflanzen, die nur aus einer einzigen Zelle bestehen und sich durch Teilung dieser letzteren fortpflanzen, unsterblich sind, während die mehrzelligen Organismen aus einem sterblichen und einem unsterblichen Teile beständen. Unsterblich soll bei den mehrzelligen Tieren und Pflanzen diejenige Zellenstammreihe sein, welche die Keimzellen eines Individuums direkt mit denen seiner Vorfahren und Nachkommen verbindet, während die Zellen,

die nicht dieser Reihe angehören, dem Untergang preisgegeben seien. Aus der zur Entwickelung reifen Eizelle gehen nach dieser Anschauung einerseits solche Zellen hervor, die wieder nach einer grösseren oder geringeren Reihe von Zellengenerationen zur Bildung von Keimzellen führen, anderseits solche, aus denen keine Keimzellen, sondern Zellen der verschiedenen Organe des Körpers werden. Da die Organzellen nicht wieder zu Keimzellen umgebildet würden, so gingen sie, sagt Weismann, mit dem Tode des Individuums ohne Nachkommen zu Grunde, während die in der Keimzellenreihe befindlichen Zellen von einem Individuum auf das andere übertragen würden, sich also in ununterbrochener Reihe fortpflanzten und deshalb gleich den einzelligen Organismen, bei denen dasselbe der Fall sei, unsterblich seien, wenigstens insofern, als sie nicht den Keim des Todes in sich trügen. Nachdem Weismann im Jahre 1884 in seiner Schrift „Über Leben und Tod" seine Anschauungen über die Dauer des Lebens Angriffen gegenüber verteidigt hatte, erschien im Jahre 1885 sein Vortrag über „Die Kontinuität des Keimplasmas als Grundlage einer Theorie der Vererbung". In dieser Schrift sucht Weismann seinen Ideen eine festere Gestalt zu geben. Die Theorie von der Kontinuität des Keimplasmas besagt, dass die Keimsubstanz oder das Keimplasma kontinuierlich von einer Generation in die andere übergeht. In seinem Vortrage über „Die Bedeutung der sexuellen Fortpflanzung für die Selektionstheorie", der im Jahre 1886 erschien, suchte Weismann den Nachweis zu führen, dass durch die geschlechtliche Fortpflanzung, also durch die Verbindung von Ei- und Samenzellen, die Keimsubstanz oder das Keimplasma fortwährend neu gemischt und dadurch verändert würde. Woher aber sollte die Verschiedenheit der Individuen kommen, die Weismann doch, um diese Theorie aufzustellen, notwendigerweise annehmen musste? Er will in dem citierten Vortrage zwar nicht völlig in Abrede stellen, dass äussere Einflüsse direkt auf die Keime wirken und sie verändern können, er glaubt aber, dass dadurch das Zustandekommen erblicher individueller Charaktere nicht zu erklären sei, wenigstens nicht, sofern die vielzelligen Tiere und Pflanzen in Betracht kämen. Dagegen nimmt Weismann in diesem Vortrage an, dass die einzelligen Organismen durch äussere Einflüsse erblich verändert werden können, und da einzellige Tiere und Pflanzen sich einfach durch Teilung fortpflanzen, da sie direkt in ihre Nachkommen zerfallen, so müssen die Eigenschaften, die sie neu erworben haben, nach Weismann auch direkt auf die Nachkommen übertragen werden. Die betreffenden Veränderungen müssen aber nach Weismann bei verschiedenen Individuen verschieden sein, weil jedes Individuum seine besonderen Lebensschicksale hat. Bestand nun bei den einzelligen Vorfahren der vielzelligen Tiere und Pflanzen geschlechtliche Fortpflanzung, d. h. verschmolzen die einzelligen Körper dieser Organismen miteinander, um durch nachherige Teilung neue Individuen hervorzubringen, so konnte dadurch eine Mischung verschiedenartiger Bildungsstoffe oder Plasmen herbeigeführt werden, und da die mehrzelligen Tiere und Pflanzen von einzelligen Wesen abstammen, so mussten sie schon vielfach gemischte Plasmen von diesen erhalten haben. Durch fortgesetzte geschlechtliche Vermehrung und wiederholte Neumischung entstand stete Veränderlichkeit.

Weismann suchte nun nach Thatsachen, die seine Ansichten über das Zustandekommen der Variabilität und der Vererbung zu stützen geeignet waren, und solche Thatsachen glaubte er in den Keimzellenreifungsprocessen gefunden zu haben. In seiner 1887 erschienenen Schrift „Über die Zahl der Richtungskörper und über ihre Bedeutung für die Vererbung" knüpfte er an seine früher ausgesprochenen Anschauungen über das Zustandekommen der Variabilität wieder an und führte aus, dass die Anzahl der verschiedenen Keimplasmenarten, die durch die geschlechtliche Fortpflanzung in einer einzigen Keimzelle zusammengebracht würden, nach

und nach so gross werden müsste, dass die Keimzellen schliesslich keinen Raum für alle mehr haben würden. Um alle Arten von „Ahnenplasmen", wie Weismann nunmehr die individuell verschiedenen von den einzelligen Vorfahren der vielzelligen Organismen herstammenden Plasmen nannte, aufzunehmen, ohne dass dadurch die einzelnen Plasmen auf eine zu geringe Quantität herabgedrückt würden, musste bald auch die grösste Keimzelle zu klein werden. Eine Verminderung der Quantität der einzelnen Keimplasmen hätte ja schliesslich so weit führen müssen, dass jede Keimplasmaart nur noch durch ein einziges Molekül repräsentiert worden wäre, und bei einer weiteren Vermehrung der Anzahl der Ahnenplasmen hätten auch diese Moleküle auf einen noch kleineren Raum beschränkt werden müssen; dadurch wäre aber eine Veränderung ihrer Konstitution notwendig geworden, falls keine Einrichtung getroffen wurde, die geeignet war, die Anzahl der Ahnenplasmen in gewisse Schranken zu halten. Dass diese Anzahl nach verhältnismässig wenigen Generationen eine ungeheure hätte werden müssen, lehrt eine einfache Überlegung. Wenn wir von Organismen ausgehen, die nur aus einem einzigen Plasma bestehen, und bei diesen die geschlechtliche Fortpflanzung eingeführt denken, so musste durch Vereinigung zweier aus je einer Plasmaart bestehenden Individuen ein Organismus mit zwei Ahnenplasmen hervorgehen. Verband sich ein solcher mit einem andern ebenfalls aus zwei Ahnenplasmen bestehenden Individuum, so entstand ein Geschöpf mit 4 Ahnenplasmen, aus 4 und 4 wurden aber 8, und aus 8 und 8 wurden 16; schon nach zehn Generationen müsste die Anzahl der Ahnenplasmen 1024 betragen haben, nach 100 Generationen hätte sie ins Fabelhafte gestiegen sein müssen. 100 Generationen bedeuten aber im Leben einer Organismenart nur eine geringe Zeitspanne. Um die über alle Begriffe maasslose Vermehrung der Ahnenplasmen, zu der es hätte kommen müssen, zu verhindern, traf die Natur nach Weismann eine Einrichtung, die dazu diente, nach Erreichung einer gewissen Höhe in der Anzahl der Ahnenplasmen diese Höhe nicht mehr überschreiten zu lassen. Es wurde dafür gesorgt, dass, ehe eine Eizelle durch eine Samenzelle befruchtet wurde, die Anzahl der in jeder dieser beiden Keimzellen enthaltenen Ahnenplasmen auf die Hälfte herabgesetzt wurde. Betrug sie etwa in Ei- und Samenzelle je 100, so wurde sie vor der Vereinigung dieser beiden Zellen in jeder von ihnen auf 50 herabgesetzt, so dass durch die Befruchtung die Anzahl der Ahnenplasmen wieder auf 100 stieg. Weismann glaubte nun in dem Verhalten der Eizelle vor der Befruchtung eine Bestätigung dieser Anschauung zu finden. Es werden ja von der heranreifenden Eizelle kleine Zellen abgestossen, die sogenannten Richtungskörperchen, und Weismann nahm an, dass durch diese Richtungskörperchen die Hälfte der Ahnenplasmen aus der Eizelle entfernt würde. Eine ähnliche Reduktionsteilung würde, so glaubte er, auch bei den Samenzellen zu finden sein. Nun war es ihm aber auffällig, dass bei den befruchtungsbedürftigen Eiern zwei Richtungskörper ausgestossen wurden, soweit wenigstens damals die Thatsachen bekannt waren, dass dagegen Eier, die keine Befruchtung nötig hatten, die sich also auf dem Wege der Parthenogenesis oder Jungfernzeugung entwickelten, wie es z. B. bei den Eiern der Bienen, aus welchen Drohnen werden, der Fall ist, nur ein Richtungskörper entfernt wurde. Falls dieser eine Richtungskörper die halbe Anzahl der Ahnenplasmen fortnahm, so musste bei Tieren, die sich durch viele Generationen hindurch parthenogenetisch fortpflanzen, wie es bei Muschelkrebsen vorkommt, die Anzahl der Ahnenplasmen sehr bald erheblich vermindert werden. Zu einer solchen Annahme mochte sich Weismann aber nicht verstehen, und deshalb sagte er (1887 wenigstens), dass durch den einen Richtungskörper der sich parthenogenetisch entwickelnden Eier keine Ahnenplasmen entfernt würden, sondern Stoffe, die aus dem Körper der Mutter stammten und bei der Entwickelung der Eizelle

eine Rolle gespielt hatten. Derartige Stoffe sollten auch bei den befruchtungsbedürftigen Eiern durch den ersten der beiden Richtungskörper entfernt werden, während der zweite die Anzahl der Ahnenplasmen auf die Hälfte reducieren sollte. Eine Reduktionsteilung der Eizelle fand also nur bei solchen Eiern statt, bei welchen Befruchtung notwendig war. Wenn dies aber der Fall war, und wenn bei denjenigen Tieren, welche sich lange Zeit hindurch oder ausschliesslich parthenogenetisch fortpflanzen, keine Ahnenplasmen ausgestossen wurden, wenn also immer dieselben Ahnenplasmen von einer Generation auf die andere übertragen wurden, wenn nicht, wie es bei den befruchtungsbedürftigen Eiern geschehen sollte, bald diese, bald jene Kombination von Ahnenplasmen ausgeschieden und dadurch eine grosse Variabilität erzielt wurde, so war bei Tieren mit parthenogenetischer Fortpflanzung keine Variabilität möglich, und Weismann leugnete sie auch. Er suchte den Nachweis zu führen, dass Tiere, von denen er annahm, dass sie sich nur parthenogenetisch fortpflanzen, unveränderlich seien. Später ist er zwar gezwungen worden, diese Ansicht wieder aufzugeben, nachdem er thatsächlich bei derartigen Tieren Variationen beobachtet hatte. Nachdem Weismann seinen Aufsatz „Über die Zahl der Richtungskörper und über ihre Bedeutung für die Vererbung“ publiciert hatte, wurden Entdeckungen gemacht, die seine Ansicht im wesentlichen zu stützen schienen. Oscar Hertwig entdeckte, wie wir S. 154f. gesehen haben, bei Untersuchungen über Keimzellenreifungserscheinungen des Pferdespulwurms Processe, die durchaus für Weismanns Anschauungen zu sprechen schienen.

Weismann sagt nun, und zwar in seiner 1891 erschienenen Schrift über „Amphimixis oder die Vermischung der Individuen“, dass in den Zellkernstäben oder Chromosomen die sogenannten Ahnenplasmen enthalten seien, und zwar der Länge nach aufgereiht. Dass dem so sei, suchte er mit dem Hinweis zu begründen, dass man ja in den Chromosomen schon runde Körperchen, die sogenannten Mikrosomen, die der Länge nach in den Chromosomen angeordnet sind, gefunden hätte. In diesen Mikrosomen, die Weismann jetzt Ide nannte, erblickte er die von den Urorganismen herstammenden Ahnenplasmen. Dadurch, dass die Reduktionsteilung der Keimzellen und ihre nachträgliche Befruchtung fortwährend eine neue Mischung von Ahnenplasmen oder Iden herbeiführte, sollte die Variation unterhalten werden.

Ende 1892 erschien „Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung“.

Um Weismanns darin entwickelten Anschauungen kennen zu lernen, müssen wir noch einmal auf den Bau der Zelle eingehen. Wir haben gesehen, dass bei deren Teilung der Kern die Kernstäbe oder Chromosomen bildet, in welchen die Mikrosomen enthalten sind. Die Chromosomen nannte Weismann nun neuerdings Idanten, die Mikrosomen, wie bereits erwähnt, Ide. Da die letzteren in grösserer Anzahl in den Chromosomen aufgereiht sind, so muss man wohl annehmen, dass sich im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwickelung die Anzahl der Ide, die ursprünglich nur eins betrug, entweder dadurch vermehrt hat, dass die Ide sich teilten, oder dadurch, dass die Vielheit der Ide bei denjenigen Organismen, wo wir sie konstatieren können, durch die successive Vereinigung von Urwesen mit einem Id zu solchen mit zwei, und von Organismen mit zwei Iden zu solchen mit vier u. s. w. in der Weise, wie Weismann es früher für seine Ahnenplasmen annahm, zurückzuführen ist. Die Ide sind aber nicht einfache homogene Wesen, die nur aus einer einzelnen Substanz bestehen, sondern sie setzen sich, indem sie, je nach der Organismenart, der sie angehören, einer bestimmten Architektonik folgen, aus Bestimmungsstücken oder Determinanten zusammen, so genannt, weil sie die einzelnen Zellen oder Zellgruppen, also die Organe des späteren entwickelten Organismus, determinieren oder bestimmen. Es sind nach Weismann so viele Bestimmungs-

stücke oder Determinanten in den Iden einer Organismenart enthalten, als selbstständig variable Teile für die betreffende Art kennzeichnend sind. Dergleichen Teile giebt es nach Weismann in den meisten Tieren und Pflanzen eine grosse Anzahl, so in einer einzelnen Pfauenradfeder vielleicht Tausende, so dass man für eine solche Feder auch Tausende von Determinanten in den Iden annehmen muss. Die Determinanten setzen sich erst aus den eigentlichen Lebensträgern oder Biophoren zusammen. Den Process der Keimentwickelung denkt sich nun Weismann folgendermaassen: Aus der Teilung der befruchteten Eizelle geht ein mehrzelliger Körper hervor. Bei den Zellteilungsprocessen, die zur Hervorbringung dieses Körpers notwendig sind, werden die Ide in ihre Determinanten zerlegt, und diese Zerlegung erfolgt so lange, als es noch Zellen giebt, in deren Kern Ide, die aus mehr als einer Determinante bestehen, vorhanden sind. Wenn die Zerlegung der Ide soweit gediehen ist, dass jede im Körper vorhandene Zelle nur noch eine einzige Determinante enthält, wandern die Biophoren, aus welchen diese letztere zusammengesetzt ist, aus dem Zellkern in den umgebenden Zellleib, und determinieren oder bestimmen hier, was aus der Zelle werden soll. In denjenigen Zellen z. B., die zu Muskelzellen zu werden bestimmt sind, wandern Biophoren oder Lebensträger, welche die Eigentümlichkeit der Muskelsubstanz haben, aus dem Kern heraus und in den Zellleib hinein, um aus diesem den Leib einer Muskelzelle zu bilden. Die hoch komplicierte Zusammensetzung der Ide ist nach Weismann dadurch entstanden, dass die aus einer einzigen Biophorenart bestehende Ide der Urwesen infolge von Ernährungs-Differenzen, die ihre einzelnen Biophoren trafen, zu Iden mit mehreren Biophorenarten wurden. Um den Thatsachen gerecht zu werden, dass es Knospung und Teilung, dass es Männchen und Weibchen, dass es ferner Organismenarten mit unfruchtbaren Individuen giebt, und dass bei manchen Arten Generationswechsel besteht, nahm Weismann Reserveide und Reserve-, bezw. multiple Determinanten an, wo solches erheischt wurde. Im Ide des Menschen z. B. waren nach Weismanns Ansicht von 1892 Doppeldeterminanten, bestehend aus je einer männlichen und weiblichen Hälfte, für die primären und sekundären Sexualorgane anzunehmen. Aber diese Annahme gab Weismann bald wieder auf, indem er je nach Bedürfnis männliche, weibliche und andere Ide in jeder Keimzelle enthalten sein liess (vergl. „Äussere Einflüsse als Entwickelungsreize“, Jena 1894). Neuerdings („Über Germinal-Selektion“, Jena 1896) erklärt Weismann, dass seine Theorie „natürlich bis zu einem gewissen Grade“ ein reines Phantasiegebäude sei. Er citiert Heinrich Hertzs „Innere Scheinbilder oder Symbole“ und fährt dann fort: „Solche Bilder sind in meiner Vererbungstheorie die Determinanten — —.“ „Auch die Ide sind solche Bilder — —.“ „Zu solcher Deutlichkeit der Bilder wie in der Physik können wir freilich bei den so viel verwickelteren Erscheinungen der Biologie noch lange nicht kommen — —.“ „Immerhin scheint es besser, irgend ein adäquates Bild zu haben, an das sich die Vorstellung halten und mit dem sie operieren kann, — —.“ „Das Nähere darüber lässt sich noch nicht sagen, so lange die Thatsachenmasse noch in vollem Fluss begriffen ist.“ „Jedenfalls halte ich auch heute noch an der Hoffnung fest, welche im Vorwort zur Keimplasmatheorie Ausdruck gefunden hat, es möchte dieselbe trotz aller unvermeidlichen Unsicherheit in ihrer Begründung doch ‚kein blosses Phantasiegebäude‘ sein, insofern die Zukunft vielleicht doch ‚einige feste Punkte‘ in derselben erkennen werde, welche den Wechsel der Meinungen überdauern. Gerade der so vielfach angefeindete Begriff der Determinanten dürfte ein solcher fester Punkt sein, wie denn auch die vorliegende Schrift sich nicht nur auf ihn stützen, sondern ihn auch von neuem verteidigen wird, zunächst nur als Symbol für ein etwas, das wir zwar noch nicht im näheren kennen, das aber vorhanden ist, und mit dem wir rechnen können, es der Zukunft überlassend,

über die grössere oder geringere Ähnlichkeit des Bildes mit der Natur zu entscheiden." Übrigens sagt Weismann in dem Vorwort zu seiner genannten neuesten Schrift, dem auch alle obigen Citate entnommen sind, seine Keimplasmatheorie wolle den Einblick in die Entwickelungsmechanik gar nicht vertiefen, sondern uns nur eine „brauchbare Formel" an die Hand geben.

Weismann, auf den wir später noch zurückkommen, hat, wie es scheint, zahlreiche Anhänger. In England, wo man ihn besonders hochschätzt und bewundert, nennt man seine im obigen erst ungefähr zur Hälfte mitgeteilte Theorieenkette „Weismannism". Anschauungen, die seiner Determinantenlehre ähnlich sind, hegt auch Wilhelm Roux (vergl. dessen „Gesammelte Abhandlungen über Entwickelungsmechanik der Organismen", Leipzig 1895).

In seiner Schrift über „Germinal-Selektion" hält Weismann es nicht für erspriesslich, bei der Erklärung der Vererbung und Keimbildung auf die Moleküle der organisierten Substanz und die der äusseren Agentien zurückzugreifen. Dolbear („On the Organisation of Atoms and Molecules", Journal of Morphology, Boston 1889) hatte aber diesen Schritt, ja selbst den zu den Atomen, bereits unternommen, indem er aus deren Bau den des Organismus abzuleiten suchte. Platt-Ball („Are the effects of use and disuse inherited", London 1890) ging aber nur gleich de Vries auf die Darwinschen Gemmulae zurück und suchte die Darwinsche Pangenesis-Hypothese mit Weismanns Keimplasmatheorie, soweit diese damals entwickelt war, zu vereinigen. Lendl („Hypothese über die Entstehung von Soma- und Propagationszellen", Berlin 1890) unterschied in Keim- und anderen Zellen „Ballast" und Keimplasma, die sich bei der Entstehung von zur Fortpflanzung der Art befähigten Zellen auf dem Wege der Zellteilung voneinander trennen sollen.

In demselben Jahre wie Weismanns „Keimplasma" erschienen Friedrich Dreyers „Ziele und Wege biologischer Forschung" (Jena 1892). Er hat im Anschluss an seine Studien über Radiolarien und andere einzellige Tiere auf rein physikalische Faktoren, die bei der Formenbildung eine Rolle spielen, hingewiesen. Die Radiolarien zeichnen sich bekanntlich durch ein in äusserst mannigfacher Form auftretendes Skelett aus, und dieses betrachtet Dreyer gewissermaassen als Versteinerung eines Wabenwerks, das dadurch zustande kommt, dass sich in dem schleimigen Körper des Radiolars Flüssigkeitstropfen, Vakuolen, ansammeln, in bestimmter Weise anordnen und sich dadurch gegenseitig abplatten. In den die einzelnen Vakuolen voneinander trennenden Wänden und in den Kanten, in welchen diese Wände zusammenstossen, sollen sich Kieselsäure und andere Stoffe, aus denen das Radiolarienskelett bestehen kann, ablagern und so dem Wabenwerke des Körpers zu bleibendem Ausdruck verhelfen. Es sind demnach die Gesetze der Flüssigkeitsmechanik, die hier eine grosse Rolle spielen. Im übrigen hat Dreyer seine Ansichten nicht zu einer umfassenden Formenbildungslehre zusammengefasst. Dies hat jedoch Driesch in seiner „Analytischen Theorie der organischen Entwickelung" (Leipzig 1894) gethan. Er schrieb dem Leibe der Eizelle einen vom „Bildungstrieb" geordneten, aber nicht komplicierten „Stoffbau" zu und nahm an, ihr Kern bestände aus einem Gemisch von Fermenten, in welchem das eigentlich Specifische jeder Form gegeben sei, eine „Fiktion", die, wie Driesch neuerdings („Die Maschinentheorie des Lebens. Ein Wort zur Aufklärung", Biol. Centralbl. 1896) sagt, nur den Zweck gehabt habe, die vorliegenden Probleme einigermaassen greifbar zu gestalten, ein anschauliches Abschlussbild zu liefern, für das sich vielleicht zehn andere hätten erdenken lassen. Er hätte den Organismus als eine Maschine betrachtet, aus der mit Hilfe der Physik und Chemie sowohl das physiologische als auch das entwickelungsmechanische Geschehen sehr wohl kausal zu verstehen sei, die man aber als „gegeben" hinnehmen müsse, d. h. nur teleologisch verstehen könne. Sein

Bildungstrieb sei nur im Perfektum thätig gewesen. Er selbst habe aber wohl die grössten Bedenken gegen die Zulässigkeit seiner „Maschinentheorie“, aber er fragt, ob es nicht lohnend gewesen sei, sie einmal bis zu Ende durchzudenken, und ob nicht die damit verbundene Analyse des „Lebensgeschehens“, die sein Hauptzweck gewesen sei, an und für sich von Wert gewesen wäre. Endlich fragt er: „Hat etwa die strikte Durchführung der Maschinentheorie sie selbst aufgehoben?“

Aus dem, was uns bisher in diesem Buche beschäftigt hat, geht hervor, dass auch wir eine „Maschinentheorie“ für richtig halten. Wir müssen die soeben citierte Frage Drieschs verneinen. Mit diesem Forscher stimmen wir darin überein (vergl. Haacke, „Gestaltung und Vererbung“, Leipzig 1893), dass wir, auf Grund von Thatsachen, dem Leib der Eizelle einen bestimmten Bau zuschreiben. Erteilten wir im Haupttexte dieses Abschnittes unter den Errichtern dieses Baues den Strahlen der Archoplasmasonne hypothetisch die Hauptrolle, indem wir von ihrer Anordnung die Grundform der Eizelle abhängen liessen, so wollten wir damit nur sagen, dass in dieser etwas sein muss, was ihr bestimmte Symmetrie giebt. Kein Stoffgemenge, auch nicht ein solches, dessen Bestandteile verschiedenes specifisches Gewicht haben, ist befähigt, der Zelle etwa eine zweiseitig-symmetrische Form zu geben, wenn ein bestimmter Stoff nicht die Führung übernimmt, und diesen Stoff erblicken wir hypothetisch in der Substanz der Archoplasmastrahlen. Ein solcher führender Stoff muss deshalb vorhanden sein, weil es sonst nicht zu begreifen wäre, warum z. B. das Herz des Menschen in den allermeisten Fällen links liegt, warum die Weinbergsschnecke mit seltenen Ausnahmen rechts gewunden ist. Denn wäre kein Stoff im Ei des Menschen, keiner in dem von Helix pomatia, der diese Zellen zwingt, immer nach einer bestimmten Seite hin von der zweiseitigen Symmetrie abzuweichen, so müsste das Herz des Menschen ebenso oft auf der rechten Seite liegen wie auf der linken, und „Helix pomatia sinistrorsa“ dürfte dann nicht seltener sein als die gewöhnliche „dextrorsa“. Dass es linksgewundene Weinbergsschnecken giebt und Menschen mit situs inversus, spricht nicht gegen unsere Hypothese, denn unter besonderen Bedingungen mögen sich die Konstituenten des die Symmetrie beherrschenden Stoffes so anordnen, dass sie das Spiegelbild der gewöhnlichen Anordnungsform geben, eine Annahme, die um so wahrscheinlicher ist, als wir genau dasselbe auch von unsymmetrischen Krystallen wissen, die sich mitunter sogar durch Druck in das, was wir ihre Spiegelform nennen können, überführen lassen. Allerneuestens hat zur Strassen („Riesenembryonen bei Ascaris“, Biol. Centralbl. 1896) Riesenembryonen des Pferdespulwurms, die nach seiner Entdeckung aus miteinander verschmolzenen Eiern hervorgehen, aber, abgesehen von ihrer Grösse, normal sind, gegen die Anschauung ins Feld geführt, dass die Form des Organismus auf die des Leibes der Eizelle zurückzuführen ist. Er scheint zu glauben, dass Organismen von bestimmter Form nicht so miteinander verschmelzen können, dass sie wieder dieselbe Form bilden. Das gilt zwar für Menschen und andere sehr hoch organisierte Organismen. Aber schon zwei Hydren, die man dazu gebracht hat, miteinander zu verwachsen, können, obwohl Mundöffnungen und Tentakelkränze zuerst gesondert sind, so verschmelzen, dass Mundöffnung mit Mundöffnung, Tentakelkranz mit Tentakelkranz zusammenfliesst, ja, dass zwei Tentakeln, die sich ursprünglich nur am Grunde berühren, von hier aus durch allmähliche Verschmelzung einen einzigen bilden, ebenso wie aus beiden Hydren eine, und zwar eine wohlgebildete Hydra wird. Weshalb also zwei Eizellen, die doch soviel tiefer organisiert sind als Hydren, trotz ihres geregelten Baues nicht sollten in harmonischer Weise verschmelzen können, ist nicht einzusehen, zumal die Archoplasmasonnen nur vorübergehende Bildungen sind. Indessen sei betont, dass die Bedeutung, die wir den Archoplasmasonnen zuschreiben, eine rein hypothetische ist, und dass unsere

Hypothese lediglich den Zweck hat, auf das betreffende Problem aufmerksam zu machen.

Die entwickelungsmechanischen Experimente, deren Ergebnisse im Haupttext des vorstehenden Abschnittes verwertet wurden, gehören der neuesten Zeit an. Durch Wilhelm Roux wurde die Ära derartiger Experimente mit dem grössten Erfolge inauguriert, und sein Beispiel hat zahlreiche andere Forscher veranlasst, in seine Fusstapfen zu treten, worüber das Nähere aus dem Litteraturverzeichnis zu entnehmen ist.

Viertes Hauptstück.

Vom Formbildungsgrund.

1. Ursachen und Reize.

Die seinerzeit der Physik gegebene Weisung, dass sie die von ihr zu erforschenden Erscheinungen nur zu beschreiben hätte, gilt, wie für alle anderen Wissenschaften, so auch für die Entwickelungsmechanik. Die Beobachtung dieser Forderung darf aber nicht zu dem Irrtum verleiten, als dürfe der Naturforscher nicht nach den einzelnen Gründen der Erscheinungen suchen. Was der Wissenschaft verschlossen ist, das ist der jenseits der Grenzen des Naturerkennens gelegene allgemeine Urgrund alles Seins und Geschehens; aber die Erforschung dessen, was man gewöhnlich Ursache nennt, des Bodens oder Grundes, auf dem sich ein Naturprocess abspielt, wie wir sagen wollen, ist gerade ihre vornehmste Obliegenheit. Bei der Darstellung von Forschungsresultaten handelt es sich freilich nur um Beschreibung des Beobachteten. Um dieser Beschreibung aber die nötige Klarheit zu geben, hat der Darsteller fest bestimmte Begriffe anzuwenden.

Wie in der Physik und Chemie, so herrscht auch in der Entwickelungslehre eine bedauerliche Verwirrung über den wichtigsten Begriff, über den der Ursache, und über alles das, was mit ihm zusammenhängt. Deshalb ist es nötig, dass wir uns über die von uns anzuwendenden Begriffe verständigen, über die Begriffe Voraussetzung, Ursache, Bedingung, Umstand, Auslösung, Reiz, d. h. über alles das, was den Grund eines Seins oder Geschehens bildet. Dies soll an etlichen Beispielen geschehen.

Bringen wir in die farblose Leuchtgasflamme eines Bunsenschen Brenners ein Körnchen Kochsalz, so färbt sie sich intensiv gelb. Was ist die Voraussetzung dieser Gelbfärbung und was ist ihre Ursache? Wodurch wird sie bedingt? Unter welchen Umständen tritt sie auf? Welcher Auslösungsprocess ruft sie hervor? Kurz, was ist ihr Grund?

Die Gelbfärbung der Kochsalz- oder, wie man gewöhnlich sagt, der Natriumflamme — denn von dem im Kochsalz enthaltenen Natrium

rührt jene her, nicht von dem ebenfalls darin enthaltenen und mit dem Natrium zu Chlornatrium verbundenen Chlor — hat ihre Voraussetzung in der Thatsache, dass es Licht, insbesondere auch gelbes Licht giebt, also in Naturgesetzlichkeit. Gelbes Licht ist für die mechanistische Weltanschauung Licht von bestimmter Wellenlänge. Wäre der stoffliche Träger der Lichterscheinungen nicht zu der dem Licht, speciell dem gelben Licht, entsprechenden Form der Bewegung befähigt, so könnte die Natriumflamme nicht gelb sein. Sie ist gelb, weil die Voraussetzung, dass es gelbes Licht giebt, erfüllt ist. Diese Voraussetzung ist aber nicht mit der Ursache der Gelbfärbung zu verwechseln.

Licht ist eine Form der Energie. Energie ist unzerstörbar. Die Lichtenergie unserer Natriumflamme ist umgewandelte Wärmeenergie, die ihrerseits in diesem Falle umgewandelte chemische Energie ist. Leuchtgas besteht nämlich aus Kohlenstoff und Wasserstoff, die beide, wie man zu sagen pflegt, eine grosse Wahlverwandtschaft zu Sauerstoff haben, in der Bunsenflamme zu dem der atmosphärischen Luft. Kohlen- und Wasserstoff auf der einen, Sauerstoff auf der andern Seite befinden sich in einem Zustande potentieller chemischer Energie, die sich bei der Vereinigung des Kohlenstoffes mit dem Sauerstoff zu Kohlensäure und des Wasserstoffes mit dem Sauerstoff zu Wasser in Wärmeenergie umsetzt. Aus der Wärmeenergie wird in unserem Falle Lichtenergie, weil in der Bunsenflamme Natrium verdampft. Die Ursache des Lichtes ist aber das Natrium nicht. Die Wärme ist es. Und die Ursache der Wärme der Bunsenflamme ist potentielle chemische Energie. Wo wir von Ursachen sprechen, da handelt es sich um Form und Quantität der verbrauchten Energie. Und weil die Quantität der Energie nicht vermehrt oder vermindert werden kann (Gesetz von der Erhaltung der Energie), deshalb gilt für sie — aber auch nur für sie und nicht für die Form der Energie — der Satz: Gleiche Ursachen, gleiche Wirkungen. Grosse Ursachen haben also grosse, kleine aber kleine Wirkungen; die populäre Redensart „Kleine Ursachen, grosse Wirkungen" entsprang ungenügender Naturerkenntnis. Ursache eines bestimmten Quantums einer bestimmten Form der Energie ist eine ebenso grosse Menge derselben oder einer andern Form der Energie; jenes ist die Wirkung dieser. Die Wärme der Bunsenflamme bewirkt ihr Licht.

Die Umsetzung von Wärme in Licht ist aber an bestimmte Bedingungen geknüpft. Das Leuchten der Natriumflamme und ihre Gelbfärbung wird durch die Molekularbeschaffenheit des Natriums bedingt. Der in der Flamme befindliche Stickstoff der atmosphärischen Luft bringt sie nicht zum Leuchten; und hätten wir anstatt des Natriums etwa Strontium genommen, so würde sie rot geworden sein; Kalium würde sie violett, Kupferoxyd grün, Arsen blau gefärbt haben. Das

Leuchten einer Flamme und ihre Farbe sind also in ganz bestimmter Weise bedingt. Wir betrachten die Wärme als eine Form der Bewegung. Soll diese Form der Bewegung in die, welche wir Licht nennen, umgesetzt werden, so müssen bestimmte Bedingungen erfüllt sein; und soll das Licht eine bestimmte Farbe haben, soll es also aus Wellen von bestimmter Länge bestehen, so muss auch hierfür gesorgt sein. Aber die Erfüllung der Bedingungen ist nicht die Ursache des Lichtes; seine Ursache ist eine andere Form der Energie.

Ein Sein oder Geschehen kann leicht oder schwer in die Erscheinung treten; das hängt von dem ab, was wir Umstände nennen wollen. Die Umstände können das Zustandekommen eines Seins oder Geschehens ermöglichen, begünstigen, erschweren und verhindern. Erzielen wir eine Natriumflamme, so genügt es nicht, dass wir den Hahn des Bunsenbrenners öffnen und das Gas anzünden, sondern wir müssen auch Natrium in die Flamme bringen. Erst hierdurch wird deren Gelbfärbung ausgelöst, wie wir es nennen wollen. Welcher Art die Auslösung sein muss, hängt ebenfalls von den Umständen ab. Ist uns ein brennender Bunsenbrenner gegeben, so ist Natrium in die Flamme zu bringen. Befindet sich über der Öffnung des nichtbrennenden Bunsenbrenners Natrium und daneben ein das Natrium nicht berührendes brennendes Streichholz, so ist der Gashahn aufzudrehen. Strömt Gas aus der Öffnung des Brenners aus, und befindet sich darüber Natrium, so ist die Flamme anzuzünden. Im ersten Falle löst das in die Flamme gebrachte Natrium das gelbe Licht aus, im zweiten das Öffnen des Gashahnes, im dritten das Anzünden der Flamme. Die Umstände sind hierbei maassgebend und können das Zustandekommen der Natriumflamme auch verhindern. Ist der Gashahn fest eingerostet, oder haben wir kein Natrium oder nichts, womit wir das Gas anzünden können, so erhalten wir keine Natriumflamme. Ihre Auslösung ist dann unmöglich, obwohl die Ursache — Energie — vorhanden sein kann. Aber auch sie kann fehlen und ist dann herbeizuschaffen. Die Auslösung eines Seins oder Geschehens kann also auch darin bestehen, dass man seine Ursache herbeibringt.

Voraussetzung, Ursache, Bedingung, Umstände und Auslösung eines Seins oder Geschehens nennen wir dessen Grund, seinen Seins- oder Geschehensgrund. Dieser hat in allen Fällen seine Entstehungsgeschichte, seine Genesis. In dem von uns als Beispiel gewählten Falle ist die Genesis eine verwickelte: Das Gas musste fabriciert, der Bunsenbrenner hergestellt und manches andere vorbereitet werden, ehe wir den Bunsenbrenner zur Erzeugung einer Natriumflamme benutzen konnten. Verfolgen wir deren Entstehungsgeschichte immer weiter nach rückwärts, so gelangen wir an kein Ende. Irgend ein Zeitmoment müssen wir als Anfang setzen, wenn wir die Genesis eines Dinges verfolgen. Ausser

den Naturgesetzen ist uns nämlich auch eine bestimmte Verteilung des Seins und Geschehens im Weltall, ist für die Anhänger der Atomhypothese eine bestimmte Anordnung der Atome im Raume gegeben. Davon, wie diese in einem gegebenen Zeitdifferential ist, muss ausgehen, wer den Weltprocess, den Gang der Weltenuhr, nach Vor- oder Rückwärts verfolgen will. Die gegebene Gesamtkonstellation der Atome in einem bestimmten Zeitdifferential und die Gesetze ihrer Bewegungen bilden den gemeinsamen Grund alles späteren Seins und Geschehens, und zwar deshalb, weil mit den Naturgesetzen und der Verteilung der Processe im Weltenraume zugleich die Ursachen, Bedingungen, Umstände und Auslösungen aller Einzelvorgänge potentia gegeben sind — potentia, d. h. im Keime, weshalb das einzelne eine Genesis haben muss.

Die Genesis der Organismenformen ist der Gegenstand der Keimes- und Stammesgeschichte; der Grund der Bildung einzelner Organismenformen, der Formbildungsgrund einzelner Organismen, der der Entwickelungsmechanik. In dem Formbildungsgrunde spielen die Auslösungen, die man in der Biologie Reize nennt, eine wichtige Rolle, weshalb es zweckmässig ist, ihnen noch eine etwas eingehendere Betrachtung zu widmen. Da Reiz dasselbe ist wie Auslösung, so dürfen wir auch in der anorganischen Natur von Reizen sprechen, und da die Geschehnisse der anorganischen Natur leichter zu durchschauen sind als die im Gebiete des Organischen, so wollen wir wieder ein Beispiel aus der ersteren wählen, um uns Klarheit über die Reize zu verschaffen.

Zur Durchreissung eines Fadens, etwa eines Eisendrahtes, der überall dieselbe Form des Querschnittes, dieselbe Dicke und innere Beschaffenheit hat, ist ein bestimmter Aufwand von Energie nötig. Denken wir uns, wir wollten einen solchen Eisendraht durch daran gehängte Gewichte zum Durchreissen bringen, und nehmen wir ferner an, dass dazu genau 100 *kg* nötig seien, so wird der Eisendraht noch nicht durchreissen, wenn das an ihm hängende Gewicht nur 99,999 *kg* beträgt. Fügen wir aber 0,001 *kg* hinzu, etwa dadurch, dass wir ein Samenkorn von 1 *mg* Gewicht auf das an dem Eisendraht hängende Gewicht legen, so muss er unserer Annahme zufolge reissen. In diesem Falle würde das Samenkorn der auslösende Reiz sein, der den Eisendraht zum Durchreissen und das an ihm hängende Gewicht zum Fallen bringt. Wir können als Reiz also eine Erhöhung des Energiewertes der Ursache des Durchrissenwerdens wählen, und dessen Grösse hängt einerseits von der Energiemenge ab, die zum Durchreissen nötig ist, anderseits von der Energiemenge, die schon bestrebt ist, diesen Erfolg herbeizuführen. Die Grösse des Reizes ist hier gleich der Differenz zwischen der erforderlichen und der bereits wirkenden Energie-

menge. Sie braucht unter Umständen nur ausserordentlich gering, muss unter gewissen Umständen aber sehr beträchtlich sein.

Wir könnten das Durchreissen des Eisendrahtes auch noch auf andere Weise herbeiführen als dadurch, dass wir das an ihm hängende Gewicht um ein bestimmtes Quantum vermehren, z. B. eine Drahtzange nehmen und mit ihr den Eisendraht anschneiden. Auch in diesem Falle hätten wir von einem Reize zu sprechen, ebenso wie in dem, wo wir den Eisendraht durch eine Lötrohrflamme schmelzen oder ihn langsam rosten lassen.

Die Form des Reizes hängt also von den Umständen ab. Der Energiewert der Wirkung des ausgelösten Geschehens ist gleich dem der Ursache. Das herabfallende Gewicht muss eine bestimmte Wirkung haben. Wir könnten uns ja unsern Eisendraht so dünn vorstellen, dass 1 *kg* genügen würde, um ihn zum Durchreissen zu bringen, und ferner annehmen, dass ein Gewicht von 0,999 *kg* an ihm hinge. In diesem Falle wäre gleichfalls eine Vermehrung des Gewichtes um 1 *mg* nötig, um den Eisendraht zum Durchreissen zu bringen; aber die Wirkung, die das nunmehr 1 *kg* betragende von einer bestimmten Höhe herabfallende Gewicht auf eine Unterlage ausüben würde, würde bedeutend geringer sein, als die durch Herabfallen eines 100 *kg*-Gewichtes von gleicher Höhe erzielte. Die infolge einer Reizung eintretende Wirkung steht also in keinem Verhältnis zur Reizgrösse.

Was der Reiz in unserm Falle herbeiführt, ist eine Umsetzung von Spannkraft in lebendige Kraft, von potentieller in aktuelle, von statischer in kinetische Energie, von Energie der Lage in Energie der Bewegung. Durch den Reiz wird ein Widerstand, der diesem Umsetzen von statischer in kinetische Energie entgegensteht, überwunden. Aber die zur Überwindung dieses Widerstandes notwendige Energiezufuhr kann je nach den Umständen sehr verschieden sein. Dagegen ist zu einer bestimmten Wirkung ein ganz bestimmter Aufwand von Energie nötig. Um z. B. die Temperatur einer unter dem Drucke einer Atmosphäre stehenden bestimmten Quantität Wasser um 1 Grad Celsius zu erhöhen, dazu ist eine ganz bestimmte Wärmemenge, eine quantitativ bestimmte Zufuhr von Energie nötig. Gesetzt also, es handelte sich darum, 1 *kg* Wasser bei einem Druck von einer Atmosphäre zum Kochen zu bringen, so fragt es sich, welche Temperatur dieses Wasser hat. Hat es 0 oder 10 oder 20 Grad Celsius, so ist die Zufuhr einer grösseren Menge von Wärme nötig, als wenn es 70 oder 80 oder 90 Grad Celsius warm ist. Hätte es 99,999 Grad Celsius, so betrüge die zur Herbeiführung des Siedens hinzuzuführende Wärmemenge nur äusserst wenig. Sprechen wir in diesem Falle von einem auf das Wasser ausgeübten Reize, der das in Ruhe befindliche Wasser zmm Aufwallen, zum Sieden bringt, der an die Stelle des

flüssigen Aggregatzustandes des Wassers den luftförmigen treten lässt, so müssen wir auch von einem Reize sprechen, wenn wir Wasser von 0 Grad oder von — 50 Grad Celsius durch Zufuhr von Wärme zum Sieden bringen. Der Reiz besteht in allen diesen Fällen in einer Erhöhung der zur Herbeiführung des Siedens notwendigen Energiemenge.

Zum Sieden kann das Wasser aber auch noch auf andere Weise gelangen. Um z. B. Wasser, das eine Temperatur von 99 Grad Celsius hat, aufwallen zu lassen, könnten wir es auch unter die Glocke einer Luftpumpe setzen und den auf das Wasser lastenden Atmosphärendruck durch Auspumpen der Luft verringern. Der das Sieden auslösende Reiz wäre dann ein ganz anderer; aber auch dieser Reiz müsste einen bestimmten, von den äusseren Umständen abhängenden Energiewert haben.

Was unter einem Reize zu verstehen ist, wird uns an folgendem Beispiele noch klarer werden: Es entsteht unter Explosion Chlorwasserstoff erstens, wenn wir auf ein Gemenge von Wasserstoffgas und Chlorgas einen Sonnenstrahl fallen lassen, zweitens, wenn wir zu einer Quantität Wasserstoffgas, das von der Sonne beschienen ist, Chlorgas hinzufügen, drittens, wenn wir zu einer Quantität Chlorgas, das von der Sonne beschienen ist, Wasserstoffgas hinzufügen. Im ersten Falle ist der Sonnenstrahl, im zweiten das Chlorgas, im dritten das Wasserstoffgas der Reiz, der die unter Explosion erfolgende Entstehung von Chlorwasserstoffgas herbeiführt, deren Ursache potentielle chemische Energie ist. Um eine bestimmt charakterisierte und verlaufende Wirkung herbeizuführen, ist also immer ein ganz bestimmter Geschehensgrund oder bestimmt geordneter Komplex von Stoffen und Energiemengen nötig, und wenn dieser nicht vollständig ist, so ist es notwendig, das, was ihm fehlt, hinzuzufügen, damit die betreffende Wirkung eintritt. Dabei handelt es sich immer um etwas seiner Form und Quantität nach genau Bestimmtes. Nennen wir das, was hinzuzufügen ist, Reiz, so richtet sich dessen Beschaffenheit und Grösse nach den Umständen.

Eine und dieselbe Wirkung kann aber verschiedene Gründe — nicht zu verwechseln mit Ursachen — haben. Es ist dazu nicht immer derselbe Komplex von Stoff- und Energiemengen nötig. Wir brauchen also, wenn es sich um die Herbeiführung eines Ereignisses handelt, den Komplex nicht unverändert zu lassen und das Ereignis dann durch Anwendung des von der Eigenart des Komplexes vorgeschriebenen Reizes hervorzurufen, sondern wir können den Komplex auch verändern und haben dann allerdings einen andern Reiz anzuwenden, um das Geschehnis eintreten zu lassen. Nach alle dem ist ein Reiz das, was einen Komplex von Stoff- und Energiemengen zum Grunde eines Geschehnisses ergänzt, und die Ergänzung kann entweder die Ursache, oder die Bedingung, oder die Umstände, oder die Auslösung, oder

mehrere dieser Komponenten des Geschehensgrundes, oder auch alle vier betreffen.

Die Erörterungen des vorstehenden Abschnittes sind, wenn auch unabhängig, so doch denen ähnlich, die Hueppe in seiner „Naturwissenschaftlichen Einführung in die Bakteriologie" (Wiesbaden 1896) in dem Abschnitte „Über die Ursachen der Seuchen" angestellt hat. Hueppe sagt u. a.: „Wenn potentielle Energie, was sich deutsch mit Spannkraft oder besser vielleicht mit Arbeitsvermögen geben lässt, in kinetische Energie oder lebendige Kraft oder Arbeit übergeht, so sind beide Grössen gleich, sie gehen quantitativ ineinander über, und die Arbeit als Wirkung ist bereits mit dem Arbeitsvermögen als Ursache genau bekannt und eindeutig bestimmt. Die wahre und genügende Ursache jeder Wirkung ist stets etwas Innerliches, was sich aus der Menge und der Art der Ausgangsgrösse, aus deren Qualität und Quantität allein und ganz ergiebt. Dies ist der Begriff einer Ur-Sache, den die deutsche Sprache so überaus glücklich bezeichnen kann, während die anderen Sprachen dies umschreiben müssen, im Lateinischen z. B. als causa prima oder princeps, wozu aber dann noch die weitere Definition causa interna und vera oder sufficiens als Ergänzung gehört, um das alles zu geben, was uns das eine Wörtchen ‚Ur' sagt. Es ist das schlechterdings ‚hinter dem Wandel ursprünglich Bleibende und Bestehende', wie Helmholtz sich ausdrückte. Das allein nennen wir in den exakten Naturwissenschaften und in der Erkenntnistheorie jetzt Ursache, und nur darin sehen wir einen wahren und ausreichenden Grund. Nur was hier nach Art und Masse vorgesehen ist, kann als Wirkung in die Erscheinung treten, sonst nichts, und alles, was als Wirkung in die Erscheinung tritt, ist nach Art und Masse bereits in der Ursache, in den inneren Einrichtungen gegeben."

Das Verständnis unserer Ausführungen wird es fördern, wenn der Leser sie mit denen Hueppes vergleicht und das, was diesem Forscher und uns gemeinsam ist, und worin wir voneinander abweichen, festzustellen sucht. Besondere Beachtung verdient das, was Hueppe über das unschätzbare Wörtchen „Ur" sagt.

2. Physiologische und entwickelungsmechanische Reize.

Bekanntlich wird ein vielgebrauchter Muskel durch den Gebrauch gestärkt, wie wir es an Schmieden, Turnern, Ruderern und Akrobaten beobachten können. Man hat gesagt, es seien funktionelle Reize, die ihn stärkten. Der motorische Nerv, der seine Zusammenziehung auslöst, übt, wie man sich ausdrückt, einen funktionellen Reiz auf ihn aus. Das ist gewiss insofern richtig, als die Muskelkontraktion durch einen vom Nerven ausgehenden Reiz veranlasst wird. Verursacht wird die Stärkung des Muskels, seine Vergrösserung, aber nicht durch den Nervenreiz. Soll der Muskel wachsen, so bedarf er der Nahrungszufuhr durch das ihm zuströmende Blut. Aber damit allein ist auch noch nichts gewonnen. Ein Muskel, der sich durch Wachstum vergrössern soll, muss, wie wir uns ausdrücken wollen, Nahrungsbedürfnis, Hunger, haben. Er muss ungesättigt sein. Ein gesättigtes Tier frisst auch bei grösstem Nahrungsüberfluss nicht, eine gesättigte Zuckerlösung nimmt keinen Zucker mehr auf, soviel man ihr auch zuführen mag, und eine gesättigte chemische Verbindung von Calciumoxyd und Schwefelsäure lässt auch bei reichlichem Schwefelsäurevorrat keinen neuen

schwefelsauren Kalk entstehen, wenn alle Calciumoxydmoleküle sich bereits Schwefelsäuremoleküle angegliedert haben. So kann auch der Muskel nur wachsen, wenn er ungesättigte Moleküle gewisser Stoffe birgt. Die werden aber erst durch den Gebrauch des Muskels, durch seine Zusammenziehung, zur Verfügung gestellt. Durch die Muskelkontraktion werden gewisse Baustoffe des Muskels verbraucht, dadurch wird neues Nahrungsbedürfnis geschaffen, gewisse Moleküle des Muskels werden dadurch zu ungesättigten, es wird, um uns wissenschaftlich auszudrücken, ein Zustand potentieller chemischer Energie im Muskel hergestellt, der in einen aktuellen übergeht, sobald dem Muskel durch das Blut Moleküle zugeführt werden, denen sich die ungesättigten angliedern können. Aber auch schon vor der Kontraktion des Muskels befand sich dieser in einem Zustand potentieller chemischer Energie. Durch den Nervenreiz ging dieser in einen aktuellen über, in den Zustand der Kontraktion, auf dem gewisse Moleküle zerfallen, und das Vorhandensein dieser schafft wieder jenen Zustand potentieller Energie, der in dem Ungesättigtsein gewisser Moleküle besteht. So wechseln im Muskel Zustände potentieller Energie mit solchen aktueller ab. Dabei kommen zweierlei Reize in Betracht: Erstens der Reiz, der gewisse Moleküle zerfallen lässt und vom Nerven herkommt, und zweitens der Reiz, der die durch diesen Zerfall ungesättigt gewordenen Moleküle wieder zu gesättigten werden lässt, nämlich die Nahrungszufuhr durch das Blut. Diese beiden Reizarten sind in Wirklichkeit die funktionellen Reize, die das Wachstum des Muskels im Gefolge haben, wenn wir auch die Einzelheiten der Wachstums- und Assimilationsprocesse nicht kennen.

Wie beim Muskel, so ist es aber auch bei allen anderen Organen, bei fertigen und unfertigen, bei den charakteristisch ausgeprägten Zellen des Gehirns, der Sinnesorgane, der Drüsen sowohl, als auch bei den indifferenten Furchungskugeln des tierischen Embryos, bei den Zellen des pflanzlichen Organismus nicht minder, als bei denen des tierischen. Überall, wo lebende Zellen sind, funktionieren diese in der einen oder anderen Weise, und überall sind dazu Reize, funktionelle Reize, nötig, mögen diese kommen, woher sie wollen: Alle Reize, die physiologische oder entwickelungsmechanische Vorgänge auslösen, sind funktionelle Reize. Für die Physiologie und Entwickelungsmechanik des Organismus kommen keine anderen in Betracht. Es giebt überhaupt keine anderen Reize. Die Auslösung von Processen im Reiche des Unorganischen ist im Grunde genommen nicht von der funktionellen Reizung verschieden.

Beim organischen Geschehen können wir also neben den funktionellen Reizen keine anderen unterscheiden, weshalb es, solange alle Reize ohne Unterschied in Betracht kommen, genügt, von Reizen

schlechtweg zu sprechen. Indessen haben wir, wenigstens begrifflich, physiologische und entwickelungsmechanische Reize zu unterscheiden. Wir haben früher erkannt, dass das Objekt der Physiologie die sich am Organismus abspielenden periodischen, die perigenetischen Processe sind, wie wir sie genannt haben. Die Entwickelungsmechanik erforscht dagegen die epigenetischen Vorgänge, die historischen, einerseits die keimes-, anderseits die stammesgeschichtlichen Processe. Demgemäss müssen wir, wollen wir die Unterscheidung von Physiologie und Entwickelungsmechanik begrifflich aufrecht erhalten, auch begrifflich zwischen physiologischen und entwickelungsmechanischen Reizen unterscheiden. Physiologische Reize lösen peri-, entwickelungsmechanische epigenetische Processe aus. Ob dieser begrifflichen Unterscheidung aber thatsächliche Verschiedenheiten zugrunde liegen, ist eine andere Frage. Es ist nämlich möglich, dass alle physiologischen Reize gleichzeitig entwickelungsmechanische sind. Denn der Organismus verändert sich epigenetisch während seines ganzen Lebens. Er wird gezeugt, wächst, bildet seine Organe in charakteristischer Weise aus, erreicht damit die Höhe seiner Entwickelung, altert, stirbt. Scheinbare Stillstände kommen bei lebenden Organismen vielfach vor, wirkliche wohl nirgends; wir brauchen nur an den Menschen, insbesondere an uns selbst zu denken. Das Leben des menschlichen Organismus ist eine Reihe zusammenhängender epigenetischer Processe, die zwar gleichzeitig einer Periodicität unterworfen sind, aber doch nicht so, dass wir von irgend welchen zwei absolut gleichen Phasen des Bewegungskomplexes, den der menschliche Körper darstellt, sprechen können. Hier ist nur begriffliche Unterscheidung möglich, aber wegen der für alle Wissenschaft gültigen Forderung „divide et impera“ auch geboten. Und was vom menschlichen Körper gilt, dürfte auch auf alle anderen Organismen Anwendung finden. Wenn wir demnach auch begrifflich physiologische und entwickelungsmechanische Reize unterscheiden, so dürfen wir doch nicht vergessen, dass physiologische zugleich entwickelungsmechanische sind. Der Muskel muss physiologisch gereizt werden, wenn er nicht degenerieren soll; aber auch zur Entstehung des Muskels sind physiologische Reize nötig, die deshalb zugleich entwickelungsmechanische sind.

Dass der nur auf Reize hin erfolgende Gebrauch der Organe erforderlich ist, um sie in ihrer charakteristischen Form und Struktur zu erhalten, ist bekannt. Wird ein Muskelnerv durchschnitten, der betreffende Muskel also nicht mehr gereizt, so verändert sich dieser, verliert insbesondere die Querstreifung seiner Fasern. Im durchschnittenen Nerven degeneriert das durch den Schnitt von seiner Kommunikation mit dem Gehirn getrennte Stück des Nerven. Aber auch das andere verliert wenigstens seine Reizbarkeit. Ausser Aktion gesetzte Knochenteile verlieren ihre charakteristische Struktur. Die

Knochensubstanz ist nämlich am stärksten dort angehäuft, wo der Knochen den stärksten Widerstand zu leisten hat. Bricht er nun und verheilen seine Enden schief miteinander, so werden von ihm früher wenig gebrauchte Teile stark in Anspruch genommen, und manche Teile, die vor dem Bruch grossen Widerstand zu leisten hatten, mehr oder minder ausser Gebrauch gesetzt. Dementsprechend findet an diesen eine Auflösung, an jenen eine Bildung festerer Substanz statt. Durch den veränderten Gebrauch verändert sich also die Struktur des Knochens; der physiologische Reiz wird dadurch zum entwickelungsmechanischen; er ist ein formbildender Reiz.

Der Knochen gestaltet sich durch veränderten Gebrauch um. Somit darf man fragen, ob er sich nicht auch im Embryo durch den Gebrauch gestaltet. Das ist insofern gewiss, als Gebrauch eines Organes im rein mechanischen Sinne nichts weiter als Bewegung bedeuten kann, und diese nur auf Reize hin erfolgt. Gestaltungsprocesse sind Bewegungsvorgänge, und diese bedürfen der Auslösung, des Reizes. Bis zu welchem Grade aber die Reize, welche die Gestaltungsprocesse des embryonalen Knochens auslösen, denen ähnlich sind, auf welche hin sich die Teilchen eines schiefverheilten Knochens anordnen, wissen wir nicht. Hier bleibt der entwickelungsmechanischen Forschung noch ein weites Gebiet zu erobern. Sicher ist, dass der Organismus durch funktionelle Gestaltung, d. h. durch Formungsprocesse, entsteht, die durch Reize ausgelöst werden.

Inwiefern die Gestaltung des Organismus Selbstgestaltung, d. h. unabhängig von Einflüssen ist, die von ausserhalb seines Körpers kommen, ist in jedem Falle besonders zu erforschen. Kein Organismus entsteht lediglich durch Selbstgestaltung, keiner ausschliesslich auf von aussen kommende Reizung hin.

Bei der Frage nach den Vorgängen der durch Reize ausgelösten Formbildung sind vor allem zwei Irrtümer zu vermeiden; erstens die Ansicht, wonach nur der sogenannte aktive Gebrauch, wie es z. B. der der Muskeln ist, eine formbildende Rolle spielt, und zweitens die Auffassung, der Gebrauch könne ein völlig formunbeständiges Gebilde zu einem geformten machen, z. B. eine Amöbe in ein Geisseltier umbilden.

In aktivem Gebrauch befinden sich nicht nur Muskeln und Nerven, sondern alle Organe, alle Zellen, die dem Stoffwechsel unterworfen sind, mit einem Worte, alle lebenden Bestandteile des Organismus. Nur was nicht lebt, wie man es z. B. von den Chitingebilden der Insekten, von den Schalen der Schnecken und Muscheln, von den Nägeln des Menschen, von dem Holz der Pflanzen annimmt, wird nicht aktiv gebraucht. Aktiv gebraucht werden dagegen die Zellen, die diese Gebilde producieren. Man muss übrigens auch sehr vorsichtig sein,

wenn man einem Organ Leben abspricht. Die Vogelfeder z. B. soll sich auch, nachdem sie schon völlig hart und trocken geworden ist, gelegentlich noch durch eigene Aktivität umbilden; vielleicht ist jede Feder erst unmittelbar vor ihrer Abwerfung während der Mauser völlig tot. Die Auffassung, dass nur Organe, die während ihres Gebrauches auffällige Formveränderungen zeigen, aktiv gebraucht werden, ist unphysiologisch und führt zu der irrigen Annahme, dass der keimes- und stammesgeschichtliche Process der Formbildung verschiedener Organe ein principiell verschiedener sei, ein Punkt, auf den wir noch zurückzukommen haben.

Der zweite oben berührte Irrtum, nämlich der, dass der Gebrauch aus einem formunbeständigen Gebilde ein festgeformtes machen könne, führt leicht zu der falschen Voraussetzung, in Organismen, wie es z. B. die kleinen Amöben sind, aus denen sich Colpoda cucullus (vgl. S. 157 Fig. 115 ff.) entwickelt, sei überhaupt nichts geformt. Wir haben aber gesehen, dass irgend etwas da sein muss, das solchen Gebilden eine bestimmte Grundform giebt; sonst wäre es z. B. nicht verständlich, warum das Herz des Menschen fast immer auf der linken Seite liegt, und warum die Weinbergschnecke (Helix pomatia) und viele andere Angehörige ihrer Ordnung mit seltenen Ausnahmen rechtsgewunden sind. Ist aber etwas da, was dem Organismenkeim bestimmte Symmetrie aufzwingt, so können sich die Organe im Anschluss daran aktiv entwickeln und dadurch ihre Form geben, wozu natürlich Formbildung auslösende Reize vorhanden sein müssen. Aber dieser Gestaltungsprocess bedeutet die Umbildung einer Maschine in eine andersgeformte, setzt also das Vorhandensein der ersteren voraus.

Fassen wir die Ergebnisse dieses Abschnittes zusammen, so haben wir zu sagen: Alle von aussen oder von anderen Körperteilen kommenden Reize, die einen lebenden Teil eines Organismus treffen und ihn in Thätigkeit versetzen, haben nicht nur physiologische, sondern auch entwickelungsmechanische Bedeutung. Sie alle sind funktionelle Reize, Gebrauchsreize, denen jeder lebende Körperteil unterworfen ist. Epigenetisch gestaltend führen sie nur dann zu einer Form mit bestimmter Symmetrie, wenn diese ihren Ausgang von einer Anfangsform mit bestimmter Symmetrie, herbeigeführt durch einen die Formbildung leitenden Stoff, genommen hat.

In wieweit der Organismus durch Selbstgestaltung entsteht, kann im allgemeinen nicht gesagt werden. Selbstgestaltung liegt nur da vor, wo ein Formbildung auslösender Reiz von einem Körperteil auf einen andern ausgeübt wird. Wir sprechen dann von korrelativer Gestaltung, die wir im nächsten Abschnitt näher betrachten wollen.

Über die entwickelungsmechanische Bedeutung der funktionellen Reize hat namentlich Wilhelm Roux zahlreiche Untersuchungen angestellt; die von ihm darüber

verfassten Abhandlungen sind neuerdings im ersten Bande seiner „Gesammelten Abhandlungen über Entwickelungsmechanik der Organismen" (Leipzig 1895) zu einem Ganzen vereinigt worden. Berühmt ist namentlich sein Werk: „Der Kampf der Teile im Organismus" (Leipzig 1881). Übrigens spielte schon in der Abstammungslehre von Jean Lamarck („Philosophie Zoologique", Paris 1809) der Gebrauch und Nichtgebrauch der Teile die Hauptrolle.

3. Korrelation und Symplasie.

Der Organismus entsteht zum einen Teil durch Selbst-, zum andern durch Fremdgestaltung. Selbstgestaltung oder Autoplasie liegt da vor, wo Teile des Organismus auf andere Teile desselben Organismus Formbildung auslösende Reize ausüben. Kommen solche von aussen, so handelt es sich um Fremdgestaltung oder Xenoplasie.

Durch reine Selbstgestaltung entsteht kein Organismus; absolute Autoplasie giebt es überhaupt nicht, wie ein Beispiel aus der anorganischen Natur uns zeigen wird.

Der Kalkspat oder Calcit besteht aus kohlensaurem Kalk, der dem hexagonalen System angehörende Krystalle bildet. Pulverisieren wir aber Kalkspat und lösen wir das Pulver in kohlensäurereichem Wasser auf, das bei erhöhter Temperatur unter starkem Drucke steht, so dass wir eine gesättigte Lösung von kohlensaurem Kalk erhalten, lassen wir diesen ferner bei allmählich verringertem Druck aus der gesättigten Lösung auskrystallisieren, so erhalten wir allerdings zum Teil wieder Krystalle, die dem hexagonalen System angehören, also Kalkspatkrystalle, aber daneben auch Krystalle des rhombischen Systems, also keine Kalkspat- sondern Aragonitkrystalle. Der Bildungsstoff ist hier in beiden Fällen der kohlensaure Kalk. Aber es hat sich durch eine Reihe von Untersuchungen feststellen lassen, dass zur Entstehung von Aragonit andere Bedingungen notwendig sind, als zur Entstehung von Kalkspat, woraus wir ersehen, dass der kohlensaure Kalk aus sich allein heraus keine Krystalle von bestimmter Form zu producieren vermag, sondern dass er nur einer der Komponenten in dem Komponentenkomplexe ist, der den Grund für die Entstehung von Kalkspat- bezw. Aragonitkrystallen darstellt. Was für den kohlensauren Kalk gilt, muss aber auch für alle anderen chemischen Stoffe Gültigkeit haben. Sie allein können aus sich heraus nichts gestalten, sondern sie können immer nur unter ganz bestimmten Bedingungen zu bestimmten Gestaltungen führen. Können wir also auch im Falle des Kalkspates und des Aragonits von einem Bildungsstoffe sprechen, da ja reine Kalkspat- und reine Aragonitkrystalle thatsächlich nichts anderes enthalten als kohlensauren Kalk, so haben wir neben den Bildungsstoffen doch auch noch Bildungsprocesse zu unterscheiden. Soll aber irgendwo ein Bildungsprocess stattfinden, so muss er ausgelöst werden; es

muss ein Bildungsreiz vorhanden sein. Auch für autoplastische Processe gilt dies, und auch für diese kann der Reiz nur von einer Stelle kommen, die, wenn auch innerhalb des Organismus befindlich, doch für sie aussen liegt. Denn kein Uhrwerk setzt sich von selbst in Gang. Wir sprechen bei Organismen nur deshalb von Selbstgestaltung, weil Teile des Organismus auf andere bildungsreizend einwirken können. Wir sagen, diese stehen mit jenen in Korrelation. Wie weit diese geht, haben wir zu untersuchen.

Bildungsprocesse finden, wie der Augenschein deutlich lehrt, an verschiedenen Punkten des Organismus statt. Wir haben es, mit anderen Worten, mit im Organismus verteilten Bildungsherden zu thun, auf welchen sich bestimmte Bildungsprocesse abspielen. Deshalb ist die Form der auf den Bildungsherden entstehenden Gebilde nicht nur von der Qualität der in Frage kommenden Stoffe, sondern auch von den übrigen Komponenten des den Bildungsherd darstellenden Komplexes von Stoff- nnd Energiemengen abhängig. In diesen Komplexen haben wir es aber durchweg mit Bildungsherden zu thun, die dadurch, dass sich auf ihnen bestimmte Formungsprocesse abspielen, nicht etwa aufgebraucht werden, sondern weiter bestehen und noch ferner befähigt sind, formbildend zu wirken. Dazu ist es aber notwendig, dass ihnen von aussen Material, dass ihnen Nahrung zugeführt wird, und hierbei kann es sich nur um chemische Processe handeln, woraus eine Abhängigkeit der sich auf den Bildungsherden abspielenden Bildungsprocesse von der zugeführten Nahrung, von ihrer Qualität und Quantität folgt. Die Vermehrung eines organischen Baustoffes ist von der Vermehrung derjenigen Stoffe, die an seiner Zusammensetzung beteiligt sind, also in letzter Linie von äusseren Einflüssen, nämlich von der zugeführten Nahrung, abhängig; diese wirken mit als Bildungsreiz.

Von einer Unabhängigkeit der im Organismus stattfindenden Bildungsprocesse von äusseren Einflüssen kann also keine Rede sein. Jedoch fragt es sich, ob die verschiedenen Bildungsprocesse, die auf verschiedene Bildungsherde im Organismus verteilt sind, also ob alle die Bildungsherde, die den Gesamtorganismus zusammensetzen, auch voneinander oder nur von der gemeinsamen Nahrung abhängig sind, die dem Organismus zugeführt wird.

Was diese Frage bedeutet, ersehen wir aus folgendem Beispiel: Füttern wir eine Anzahl von Raubtieren, etwa eine Katze, einen Hund, einen Marder und eine Viverre mit einer bestimmten Sorte Fleisch, z. B. mit Taubenfleisch, so wird doch dadurch an den Formen dieser Tiere nichts geändert. Die Stoffe, die ihnen in Gestalt des Taubenfleisches zugehen, werden in dem einen Falle zur Katzenform, in dem zweiten zur Hundeform, in dem dritten zur Marderform und in dem vierten zur Viverrenform verarbeitet. Und wenn wir hiermit etwa die

Thatsache vergleichen, dass die verschiedensten Organe im Körper eines Wirbeltieres alle von einem und demselben Blut ernährt werden, so könnten wir zunächst auf den Gedanken kommen, dass die Processe, die zur Bildung von Muskelzellen führen, unabhängig von denen sind, aus denen Nervenzellen oder Knochenzellen oder andere Gewebsbestandteile des Körpers hervorgehen. Wir könnten also geneigt werden, anzunehmen, dass in dem Keim eines Organismus die verschiedensten Bildungsherde in dieser oder jener Weise verteilt sind, und dass in jedem Bildungsherde bestimmte Stoffe ganz unabhängig von den in anderen Bildungsherden stattfindenden Processen entstehen. Allein wir dürfen nicht vergessen, dass, um bei dem Beispiele der Ernährung der verschiedenen Gewebe des Wirbeltieres aus dem gemeinsamen Blut zu bleiben, diesem Blute durch bestimmte Organe bestimmte Stoffe zugeführt und durch andere Organe bestimmte Stoffe genommen werden. So führen die Speicheldrüsen, die Leber und der Pankreas der aufgenommenen und in Verdauung begriffenen Nahrung bestimmte Stoffe zu, die eine ganz bestimmte Zusammensetzung auch des Blutes zur Folge haben, und diesem werden durch andere Organe, so durch die Nieren, durch die Schweiss- und Talgdrüsen, bestimmte Stoffe genommen. Die Zusammensetzung des Blutes ist also abhängig von den chemischen Processen, die sich in diesen, bezw. in jenen Drüsen abspielen, folglich ist die Ernährung der verschiedenen Gewebselemente des Wirbeltierkörpers, die ja an die Zusammensetzung des Blutes gebunden ist, indirekt auch von den chemischen Processen abhängig, die in den genannten Drüsen vor sich gehen. Eine Unabhängigkeit der chemischen Processe, die an bestimmten Stellen des Wirbeltierkörpers im Gange sind, von anderen, die an anderen Stellen stattfinden, besteht also nicht, und Entsprechendes gilt für alle Organismen überhaupt.

Wenn wir die Abhängigkeit der Organe voneinander studieren wollen, so brauchen wir z. B. bloss einem Stierkalbe oder einem männlichen Hühnchen die Samendrüsen zu nehmen. Es entsteht dann aus dem Kalbe kein Stier, sondern ein Ochse, und aus dem Hühnchen kein Hahn, sondern ein Kapaun. Auffällige Folgen der Kastration sind auch beim weiblichen Geschlechte und bei andern Tierarten bekannt. Oder wir nehmen einem Menschen durch eine Operation die Schilddrüse und sehen, dass wir damit einen verhängnisvollen Missgriff gethan haben, denn der Mensch geht unter bestimmten Krankheitserscheinungen schliesslich zu Grunde.

In der Keimzelle eines Organismus insbesondere liegen die verschiedenen Bestandteile ganz nahe beieinander. Man kann also nicht wohl annehmen, dass die Processe, die sich bei der Entwickelung im Keime abspielen, unabhängig voneinander erfolgen. Ausserdem weiss man durch bestimmte Experimente, dass kernloses Protoplasma, das

man z. B. durch Vornahme gewisser Operationen an Amöben oder anderen Urtieren erhalten kann, auf die Dauer nicht lebensfähig ist, und dass die Kerne solcher Tiere ebenso wenig ohne Protoplasma existieren können, wie dieses ohne jene. Aber weil man einerseits die Unabhängigkeit der bei der Keimesentwickelung stattfindenden Processe behauptet hat, und weil wir es anderseits im Organismus nicht mit einem, sondern mit vielen Bildungsherden zu thun haben, ist ein Verweilen bei diesen Dingen geboten.

Aus der unzulässigen Annahme, dass sich die einzelnen Körperteile des Organismus unabhängig voneinander entwickeln, würde folgen, dass die Entwickelungsarbeit, die sich während der Keimesgeschichte im Organismus vollzieht, unabhängige Mosaikarbeit ist, wie man sie genannt hat. Wie in einer Mosaik die Steinchen völlig selbständig sind, und wie ihre Anordnung dem Beschauer nur bei einiger Entfernung von dessen Auge ein einheitliches Bild vortäuscht, so sollte nach der Annahme einiger auch der Körper des Organismus eine Mosaik aus voneinander unabhängigen Entwicklungsherden sein und nur scheinbare Einheitlichkeit besitzen. Aus der vermeintlichen Thatsache, dass sich die Organe des Körpers unabhängig voneinander verändern können, hat man sogar den Schluss gezogen, dass sie durch Organkeimchen einzeln im Gesamtkeime des Körpers vorgebildet seien. Von den Gegnern der Mosaiklehre wird dagegen behauptet, dass die Vorgänge in dem sich entwickelnden Organismus korrelative sind, d. h. dass sich die Teile des Körpers in Abhängigkeit voneinander entwickeln.

Zu Gunsten der einen sowohl als auch der andern Anschauung wird eine Reihe von Thatsachen angeführt.

Wenn man einen auf dem Zweizellenstadium stehenden Froschkeim so mit einer heissen Nadel ansticht, dass man durch den Stich nur die eine Furchungszelle desorganisiert, so entwickelt sich aus der andern zunächst nur ein halber Froschembryo. Hieraus hat man schliessen wollen, dass sich die beiden Körperhälften des Frosches unabhängig voneinander aus dem Ei entwickeln. Indessen steht dieser Anschauung die angeblich gleichfalls bei den betreffenden Versuchen festgestellte Thatsache gegenüber, dass die unverletzt gebliebene Hälfte des Froschkeimes an das neben ihr liegende Material der durch den Stich der heissen Nadel desorganisierten Furchungszelle organisiertes Material abzugeben vermag, wodurch diese wieder selbst zu organisiertem Material verarbeitet wird und es damit der betreffenden Körperhälfte ermöglicht, den halben Embryo zu einem ganzen zu vervollständigen. Hieraus würde hervorgehen, dass sich die beiden Körperhälften doch nicht so unabhängig voneinander entwickeln, wie es scheint, wenn man nur die Thatsache in Betracht zieht, dass aus einem Keime,

von dessen zwei ersten Furchungszellen die eine desorganisiert ist, zunächst nur ein halber Embryo entsteht. Dazu kommen andere Thatsachen, die beweisen, dass der Keim, falls wir uns so ausdrücken dürfen, sich so verhält, als hätte er das Bestreben, wenn irgend möglich, einen vollständigen Organismus zu bilden.

Man kann in einem Keime des Lanzettfischchens (Branchiostoma s. Amphioxus) die zwei oder vier ersten Furchungszellen voneinander trennen, um die Beobachtung zu machen, dass aus jeder ein regelrechter Embryo entsteht, dem nur die normale Körpergrösse fehlt. Hier wird also aus einem Teil des Keimes, der unter gewöhnlichen Umständen nur einen Teil des fertigen Organismus geliefert haben würde, ein vollständiger Organismus, eine Thatsache, die zu dem Schlusse zwingt, dass die Teile des Keimes so aufeinander einzuwirken vermögen, dass es zur Ausbildung eines einheitlichen Organismus kommt. Ferner kann man die Furchungszellen eines Seeigel- oder eines Froschkeimes, vorausgesetzt, dass dessen Entwickelung noch nicht zu weit vorgeschritten ist, durch geeignete Experimente gewissermaassen so durcheinander werfen, dass sie eine ganz andere Anordnung erhalten als im normalen Keime, um trotzdem zu sehen, dass sich die durcheinander geworfenen Zellen, obwohl sie ihre alten Plätze nicht wieder einnehmen, durch gegenseitige Beeinflussung so zu einem Ganzen zusammenfügen, dass auch in diesem Falle ein normaler Embryo gebildet wird. Beruhte die Entwickelung darauf, dass in der Keimzelle vorgebildete Organkeimchen zu besonderen Organen des Körpers werden, so müsste aus einem Keime, dessen Furchungszellen stark verschoben sind, auch ein Organismus mit stark verschobenen Organen werden. Und wenn man gesagt hat, dass in jeder Zelle eines aus verschobenen Furchungskugeln bestehenden Keimes ausser denjenigen Organkeimchen, die sich zu Organen ausbilden, wenn die normale Keimesentwickelung nicht gestört wird, noch Reservekeimchen liegen, die nur dann zur Entwickelung gelangen, wenn die Furchungskugeln durcheinander geworfen oder voneinander getrennt werden, so giebt man durch diese Annahme zu, dass die einzelnen Zellen des Keimes aufeinander einzuwirken vermögen; denn sonst könnte ja aus einem solchen Keime kein normal gestalteter Organismus werden. Fände keine gegenseitige Beeinflussung der Furchungszellen statt, so wäre nicht einzusehen, weshalb nicht bei durcheinander geworfenen Furchungszellen in regelloser Weise aus der einen dieser, aus der andern jener Körperteil und aus dem Ganzen ein völlig missgebildeter Organismus wird. Übrigens beruht die Annahme besonderer Reservekeimchen, die nur, sobald es nötig ist, in Aktion treten, lediglich auf Voraussetzungen, die zu Gunsten bestimmter Theorieen gemacht worden sind.

Dass Korrelation zwischen verschiedenen Körperteilen besteht, lässt

sich nicht leugnen; wie weit sie aber geht, ist eine Frage, deren Beantwortung zukünftiger Forschung vorbehalten bleiben muss. Diese wird namentlich darauf achtgeben müssen, dass sie keine Korrelationsvorgänge in Vorkommnissen erblickt, die andere Gründe haben. Dass z. B. weisse Katzen mit blauen Augen taub sind, mag darin seinen Grund haben, dass ein gemeinsamer Entwickelungsreiz sowohl die Anlage der Augen als auch die der Haut und der Ohren, vielleicht auch schon das Ei, getroffen hat. Die blaue Farbe der Augen z. B. braucht aber keine Folge der Taubheit zu sein, oder umgekehrt. Wir haben es hier vielleicht nur mit dem zu thun, was wir Symplasie nennen wollen, d. h. Bildung, die auf verschiedene oder wenigstens getrennte Teile wirkende gemeinsame Reize hin erfolgt. Korrelation lässt sich mit Bestimmtheit nur da nachweisen, wo sich ein Organ infolge der Reizwirkung eines anderen Organes desselben Körpers umbildet, wie es bei der Entstehung männlicher Charaktere, die ja nach Kastration unterbleiben, der Fall ist, und auch wohl da, wo Missbildungen vorliegen, die gleichwohl zu einem harmonischen Ganzen geführt haben. Solches kann man bei gewissen Doppelmissbildungen beobachten. Bei der weissen Wucherblume (Chrysanthemum leucanthemum) z. B., bei der oft eine Verdoppelung des Blütenköpfchens stattfindet, zeigen manche Stücke zwei Blütenköpfchen nebeneinander. Bei anderen Exemplaren sind zwei Blütenköpfchen so miteinander verschmolzen, dass sich hier ein einziges gebildet hat. Die gelbe Scheibe eines solchen Blütenköpfchens hat eine langelliptische Form und wird von einem eben solchen Kranze weisser Strahlenblüten umgeben. Das Köpfchen ist also nicht etwa aus zwei Stücken, von denen jedes seine Individualität bewahrt hat, zusammengesetzt, sondern wir haben es hier mit einem durchaus einheitlichen Gebilde zu thun, das durch korrelatives Zusammenwirken zweier nicht völlig getrennter Individuen entstanden ist. Ebenso kann man Glockenblumenblüten beobachten, bei denen eine ähnliche Verschmelzung eingetreten ist. Die Blumenkrone der Glockenblumen (Campanula) ist fünfzählig. Es kommen aber oft so weitgehende Verschmelzungen benachbarter Teile der Pflanze vor, dass die Anzahl der Kelch- und Blumenkronenzipfel sowie die der Staubgefässe etwa die Zahl von 20 erreichen kann. Dass wir es hier wirklich mit Verschmelzungen von Teilen, die normalerweise getrennt sind, zu thun haben, geht aus solchen Fällen hervor, wo die Harmonisierung eine unvollkommene ist. So z. B. zeigen zwei getrennte Griffel in einer Blüte, deren Kronenzipfelzahl vermehrt ist, noch deutlich, dass es sich um Verwachsung normalerweise getrennter Körperteile handelt. In den meisten Fällen ist aber die Verschmelzung der Teile eine so weitgehende, dass dadurch wieder eine einheitliche Blüte gebildet worden ist, was nicht der Fall sein könnte, wenn die miteinander verschmol-

zenen Teile nicht durch gegenseitige Beeinflussung ihre individuellen Wachstumsrichtungen zu Gunsten der Hervorbringung eines einzigen Individuums geändert hätten. Dass letzteres wirklich geschehen ist, geht auch daraus hervor, dass sich in durch Verschmelzung entstandenen Blüten, die eigentlich viel grösser sein müssten als normale, die Breite der Zipfel in demselben Maasse vermindert hat, wie die Anzahl der einzelnen Zipfel vermehrt ist. Es zeigt sich also hier ganz deutlich eine Abhängigkeit der Grösse der einzelnen Teile von ihrer Anzahl, und diese spricht für eine Korrelation der Teile. Es hat hier eine Regulation stattgefunden, d. h. die einzelnen Teile ursprünglich getrennter Individuen haben sich durch entsprechende Veränderungen wieder zu einem harmonischen Ganzen geordnet.

Derartige Korrelationsprocesse kann man auch aus Missbildungen bei Tieren erschliessen. Vielleicht spielen zu harmonischer Gestaltung führende Korrelationsvorgänge eine viele grössere Rolle bei der Entwickelung des Organismus, als die meisten Biologen heute zuzugeben geneigt sind. Weil die Lehre von der Vorbildung der Organe in der Keimzelle gegenwärtig eine grosse und, wie es scheint, wachsende Anhängerschaft zählt, dürfte diese Neigung zur Zeit nicht bei vielen vorhanden sein. Man kann nämlich manche Erscheinungen, die als Folge korrelativer Entwickelung betrachtet werden, auf Grund dieser Lehre in ganz plausibler Weise deuten. Wenn z. B. gesagt worden ist, wohl entwickelte weibliche Brüste, die sich an Stellen finden, die sonst keine Brüste tragen, etwa am Rücken, böten Fälle von korrelativer Entwickelung dar, weil die einzelnen Teile der Brüste in Abhängigkeit voneinander entstanden sein müssten, so liesse sich entgegnen, dass der Keimchenkomplex einer ganzen Mamma, hervorgegangen vielleicht aus der Teilung eines an normaler Stelle verbliebenen Keimchenkomplexes, versprengt worden sei, aber eine normale Brust bilde, weil er ja alle notwendigen Einzelkeimchen besässe. Gegenüber derartigen Einwänden verlieren manche Vorkommnisse ihre Beweiskraft für das Bestehen korrelativer Vorgänge. Die Beweiskraft der von uns angeführten dürfte aber nicht leicht zu erschüttern sein, und ebenso wenig die einiger in neuerer Zeit experimentell hervorgerufener Umbildungsprocesse, bei denen Korrelation im Spiele sein muss. Unter diesen ist besonders einer von grosser Wichtigkeit: Die Ascidien oder Seescheiden sind Tiere, die äusserlich einem plumpen, mehr oder weniger runzligen Sacke gleichen, der in zwei an der Spitze Öffnungen tragende Röhren, Siphonen genannt, ausgezogen ist. Um die Öffnungen der Siphonen herum stehen Augenflecke oder Ocellen. Wird nun in einem Sipho ein seitliches Loch künstlich angebracht, so entsteht hier gleichfalls ein Sipho, der sogar Ocellen erhält. Diese entwickeln sich also in Korrelation mit den übrigen Teilen des Sipho. Ähnliche Processe kann

man an Aktinien oder Seerosen, die zur Klasse der Korallen gehören, hervorrufen, wie denn vor allem das Experiment dazu bestimmt ist, korrelative Vorgänge festzustellen.

Der entwickelungsmechanische Versuch wird auch zur Erforschung der Symplasieen beitragen, die da vorliegen, wo sich verschiedene oder voneinander getrennte gleiche Teile auf gemeinsame oder wenigstens gleiche Reize hin umbilden. Pathologische Symplasieen haben wir z. B. in den verschiedenen Umbildungen vor uns, die durch das im Körper verteilte Gift der Syphilis hervorgerufen werden, in den eigentümlichen Wucherungen, die manche von Pilzen durchwucherte Pflanzen zeigen, in den Blütenmissbildungen, die wir an von Milben befallenen Glockenblumen beobachten, vielleicht auch in den Fällen, wo Hände und Füsse oder wenigstens beide Hände oder beide Füsse eines Menschen sechsfingerig bezw. sechszehig sind, ferner bei Weisslingen oder Schwärzlingen von Tieren, also in den Fällen des Albinismus und Melanismus, sowie in denen abnormen Haarmangels oder ungewöhnlich starker Behaarung und vielen anderen. Indessen ist es wahrscheinlich, dass die zuletzt genannten Bildungsabweichungen und viele andere schon im Ei oder in der Samenzelle ihren Ursprung nehmen. Da alle Zellen des Körpers vom (meistens befruchteten) Ei abstammen, so können etwaige Bildungsabweichungen verschiedener oder getrennter Organe aus der entwickelungsfähigen Eizelle, der Stammzelle des Organismus, herzuleiten sein. Die Veränderungen, denen die Eizelle oder die Samenzelle, die sie befruchtet hat, unterworfen gewesen ist, können in diesem Falle entweder korrelative oder symplastische sein. Sowohl korrelative als auch symplastische Umbildungen des Eies oder der Samenzelle sind für die auf sie zurückzuführenden Bildungsanomalien des entwickelten Organismus hypoplastische, wie wir sie nennen wollen. Diese nehmen von einer gemeinsamen Unterlage aus ihren Ursprung, sie beruhen auf entweder korrelativer oder symplastischer Hypoplasie; so wird es bei Sechsfingerigkeit beider Hände, so bei den übrigen genannten und vielen anderen angeborenen Bildungsabweichungen der Fall sein.

Inwieweit nun normale sowohl als auch abnorme Bildungen auf Hypoplasie zurückzuführen sind oder nicht, und inwiefern sie in jedem dieser Fälle korrelativ oder symplastisch sind, muss der Einzeluntersuchung vorbehalten bleiben. Jedenfalls haben wir in diesem Abschnitte erkannt, dass korrelative Processe bei der organischen Formbildung vorkommen. Wahrscheinlich spielen sie eine grosse Rolle. Der vielzellige oder wenigstens vielkernige Organismus besteht aber, wie wir früher schon gesehen haben, aus zahlreichen Bildungsherden, und vom einkernigen gilt im Grunde genommen dasselbe. Wo sich in einem Organismus ein Tröpfchen oder Körnchen lebender Substanz durch besondere stoffliche Eigenschaften von seiner Umgebung unterscheidet,

oder wo es wenigstens individualisiert ist, haben wir schliesslich einen Bildungsherd vor uns. Bis zu einem gewissen Grade ist der Organismus also doch eine Mosaik, beruht seine Entwickelung auf Mosaikarbeit. Aber diese ist vielfach, wenn nicht überall, eine korrelative. Am nächsten dürften wir der Wahrheit kommen, wenn wir den Organismus als Korrelationsmosaik bezeichnen.

Unter korrelativen oder autoplastischen sowohl als auch unter xenoplastischen Processen spielen möglicherweise Richtungsreize eine bedeutende Rolle. Die sollen uns im nächsten Abschnitt beschäftigen.

Als „Mosaikarbeit" bezeichnete Wilhelm Roux viele Vorgänge der keimesgeschichtlichen Entwickelung. Darauf soll die von ihm festgestellte Entwickelung einer der beiden ersten Furchungszellen eines Froschkeimes, dessen andere Furchungszelle desorganisiert ist, zu einem halben Embryo beruhen. Die Ergänzung des letzteren zu einer Ganzbildung lässt Roux auf dem Wege der „Postgeneration" zustande kommen; hierbei treten „Postgenerationsmechanismen" in Aktion. Weismann benutzt „Reservedeterminanten" zur Erklärung des Wiederersatzes verloren gegangener Körperteile. Die Korrelation spielt also weder bei Roux noch bei Weismann die Rolle, die ihr zukommen würde, wenn es die „Reservedeterminanten" Weismanns und die „Postgenerationsmechanismen" von Roux, die jenen sehr ähnlich zu sein scheinen, nicht geben sollte. Aber wenn sie auch vorhanden wären, so müssten doch Korrelationsvorgänge die Regulation bewirken, die so oft nach Störung der Entwickelung eintritt und zur Bildung normaler oder doch mehr oder minder harmonischer Formen führt. Die entwickelungsmechanischen Versuche der neuesten Zeit, unter denen an dieser Stelle die von Roux selbst, die von Driesch, O. Hertwig und namentlich die von Loeb über die im Haupttexte dieses Abschnittes geschilderten Vorgänge bei Seescheiden und Seerosen hervorgehoben werden mögen, haben Regulationsprocesse in beträchtlicher Anzahl festgestellt.

4. Die entwickelungsmechanische Rolle der Richtungsreize.

Eine Reihe von keimesgeschichtlichen Processen scheint auf sogenannte Richtungsreize zurückzuführen zu sein. Diese dürften in Zukunft weitgehende Bedeutung für die Entwickelungsmechanik gewinnen und manche Vorgänge begreiflich machen, die bis jetzt völlig rätselhaft erschienen. Aus diesem Grunde ist es geboten, ihnen eingehende Betrachtung zu widmen.

Wenn wir an lauen Sommerabenden bei dem Schein einer Lampe im Garten oder in einem Zimmer mit geöffnetem Fenster sitzen, so sehen wir nicht selten, dass sich dieses oder jenes Insekt der Lampe nähert. Oft wird diese von einer grossen Anzahl von Kerbtieren umtanzt. Insekten zahlreicher Arten fliegen gegen die Lichtquelle, die durch die brennende Lampe dargestellt wird. Ähnliches gilt von Vögeln. Es ist bekannt, dass diese in zahlreichen Schaaren gegen die Leuchttürme anfliegen. Es giebt aber auch Tiere, die sich von einer Lichtquelle fortbewegen. So sucht der Olm (Proteus anguineus), das bekannte Amphibium aus der Adelsberger Grotte und anderen unter-

irdischen Höhlen jener Gegend, den dunkelsten Winkel des Behälters auf, worin man ihn gefangen hält. Beleuchtet man Schildasseln (Scutigera), die eine Gattung der Tausendfüsser bilden, mit einem Sonnenstrahl, so fliehen sie vor diesem und trachten gleichfalls ins Dunkle zu kommen.

Nennt man die Eigentümlichkeit gewisser Tiere, sich einer auf sie als Richtungsreiz wirkenden Energiequelle zu nähern oder sich von ihr zu entfernen, Energotaxis, und im Falle des Lichtes Phototaxis oder Heliotaxis, so kann man von positiver und negativer Phototaxis, von positiver und negativer Heliotaxis sprechen. Positive Heliotaxis liegt dann vor, wenn sich ein Organismus einer Lichtquelle nähert, negative, wenn er sich von ihr entfernt.

Als weitere Beispiele für die Phototaxis der Tiere seien noch die Blattläuse und die geschlechtsreifen Ameisen angeführt, die positiv phototaktisch sind. Aber die Erscheinungen der Phototaxis finden sich nicht bloss bei höheren Tieren, sondern auch bei niederen; so ist der grüne Süsswasserpolyp (Hydra viridis) positiv phototaktisch. Negativ phototaktisch sind z. B. die Regenwürmer. Auch ganz niedere Organismen, und zwar nicht bloss Tiere, sondern auch Pflanzen, zeigen sehr oft die Erscheinungen der Phototaxis. So kommt negative Phototaxis bei Diatomeen, positive bei Flagellaten und bei Schwärmsporen niederer Pflanzen vor. Phototaktisch, und zwar negativ phototaktisch, sind auch die sogenannten Plasmodien eines Schleimpilzes, der Lohblüte (Aethalium septicum), die aus der Verschmelzung einer Anzahl amöbenartiger Keime entstehen; sie entfernen sich bei Tageslicht von der Oberfläche der Gerberlohe, auf der sie im Dunkeln herumgekrochen sind, und begeben sich tiefer in die Lohe hinein. Da diese Plasmodien weiter nichts sind, als vielkernige Protoplasmamassen, so können wir feststellen, dass die Erscheinungen der Phototaxis bei den höchsten und bei den niedersten Tieren vorkommen.

Während in den genannten Fällen das Licht taktische Erscheinungen auslöst, übernimmt in manchen anderen die Wärme die Rolle des auslösenden Reizes. Es giebt also auch eine Thermotaxis, und auch diese kommt sowohl bei höheren als auch bei niederen Organismen vor. Von höheren Organismen wollen wir nur den Hund nennen, der sich gern in die Nähe des warmen Ofens begiebt, von niederen die Plasmodien der Lohblüte. Wenn man Wasser, das eine Temperatur von + 7 Grad Celsius hat, durch einen Fliesspapierstreifen mit Wasser von + 30 Grad Celsius verbindet und auf diesen Streifen ein Plasmodium von Aethalium septicum setzt, so kriecht dieses auf dem vom Wasser durchtränkten Fliesspapierstreifen nach der Seite hin, von welcher das warme Wasser kommt; es ist positiv thermotaktisch. Negativ thermotaktisch sind z. B. gewisse Amöben.

Es giebt auch eine Galvanotaxis.

Leitet man durch einen Wassertropfen, der Infusorien aus der Gattung Paramaecium enthält, einen konstanten galvanischen Strom, so sammeln sich die Tiere am negativen Pole, weshalb man sie als negativ galvanotaktisch bezeichnet hat, und zwar folgen sie bei ihrer Annäherung an den Pol, wenigstens im Anfang des Versuchs, der Richtung der Stromkurven. Ein anderes Infusor, Opalina ranarum, einige Flagellaten und Bakterien sind positiv galvanotaktisch.

Ausser der photischen, thermischen und elektrischen Energie kann auch die Gravitation taktische Erscheinungen hervorrufen. Diese nennt man geotaktische. Negativ geotaktisch sind z. B. Schmetterlinge, die eben die Puppenhülle verlassen haben. Sie bewegen sich so lange unruhig hin und her, bis sie eine senkrechte Wand gefunden haben, an der sie mit senkrecht zur Erde gerichtetem Leibe in die Höhe kriechen. Auch von Raupen, Sonnenkäfern (Coccinella), Küchenschaben (Periplaneta), Seegurken (Holothurien) und anderen Tieren hat man angegeben, dass sie negativ geotaktisch seien. Gewisse Seeigel aus der Gattung Amblypneustes kriechen mit aufrecht stehendem Körper im dichten Seegrase senkrecht in die Höhe. Manche Vögel sind wenigstens zeitweilig negativ geotaktisch, denn sie suchen, was man bei Käfigvögeln sehr gut beobachten kann, zum Schlafen den höchsten ihnen erreichbaren Platz aus. Unter niederen Organismen wurde negative Geotaxis u. a. bei Infusorien, z. B. bei Paramaecium aurelia, bei den Schwärmsporen einer Alge, Ulothrix tenuis, bei verschiedenen Flagellaten und anderen nachgewiesen.

Ausser der statischen, im engeren Sinne mechanischen Energie, die durch die Gravitation dargestellt wird, spielt auch die kinetische des fliessenden Wassers gelegentlich eine taktische Rolle. So kann man an den Ellritzen (Phoxinus) und anderen rasch fliessende Bäche bewohnenden Fischen beobachten, dass sie in der Regel gegen den Strom schwimmen; sie zeigen positive Rheotaxis, wie man es genannt hat. Ebenso bewegen sich die Medusen, die der südaustralischen Art Charybdea rastoni angehören, immer dem Strom entgegen. Unter den niederen Organismen kommt den Plasmodien der Lohblüte positive Rheotaxis zu; denn wenn man durch einen Fliesspapierstreifen, auf dem sich ein Plasmodium befindet, einen Wasserstrom laufen lässt, so kriecht es diesem entgegen.

Neben der Rheotaxis können wir auch eine Pneotaxis unterscheiden, wie man sie bei Vögeln, die auf Telegraphendrähten sitzen, beobachten kann. Sie wenden den Kopf gegen den Wind.

Mit Stereotaxis haben wir es zu thun, wenn kinetische mechanische Energie in der Gestalt eines Druckes oder Stosses taktische Erscheinungen hervorruft. Solche sehen wir an den Samenfäden der Küchen-

schabe (Periplaneta orientalis). In einem auf einer Glasplatte befindlichen Tropfen Samenflüssigkeit, die mit sogenannter physiologischer Kochsalzlösung verdünnt ist, kreisen die Spermatozoen fortwährend dicht auf der Oberfläche des Glases umher, als ob sie hier festgehalten würden. Eine ähnliche durch mikroskopische Beobachtungen festzustellende Stereotaxis hat man an den Samenfäden des Frosches beobachtet.

Bei den bisher angeführten taktischen Erscheinungen war es immer eine dem Gebiete der Physik angehörige Energieart, die einen bestimmt gerichtete Bewegung auslösenden Reiz auf freibewegliche Organismen ausübte. Taktische Erscheinungen können aber auch durch chemische Reize hervorgerufen werden. Man spricht in solchen Fällen von Chemotaxis. Einer der bekanntesten ist die Thatsache, dass Mistkäfer der Duftquelle, die durch einen Haufen Exkremente dargestellt wird, zueilen, und dass Schmeissfliegen dem Aase nachgehen. Manche Schmetterlinge suchen die Weibchen deshalb auf, weil diesen gewisse Duftstoffe entströmen. Unter den niederen Organismen sind z. B. die Samenfäden der Farne positiv chemotaktisch, denn sie lassen sich durch neutrale Salze der Apfelsäure anlocken. Die Samenfäden der Laubmoose gehen dagegen dem Rohrzucker nach. Die positive Chemotaxis kann aber in diesen Fällen auch in negative verwandelt werden, wenn der als Richtungsreiz wirkende Stoff in zu starker Koncentration dargeboten wird. Ausser den Samenfäden der genannten Pflanzen sind viele Bakterien und andere niedere Pflanzen chemotaktisch. Auch die Schleimpilze zeigen sowohl positive, als auch negative Chemotaxis.

Als besondere Arten der Chemotaxis können wir die Oxygenotaxis und die Hydrotaxis anführen. Bei jener ruft der Sauerstoff, bei dieser das Wasser taktische Erscheinungen hervor. Oxygenotaxis beobachten wir z. B. bei gewissen Bakterien, die sich um Algenfäden drängen, weil von diesen Sauerstoff ausgeschieden wird. Hydrotaxis, und zwar positive, ist bei jungen Plasmodien der Lohblüte festgestellt worden. Von den trockneren Stellen der Unterlage begeben sie sich nach den feuchteren hin. Wenn sie aber alt geworden sind und zur Fruchtbildung schreiten, so suchen sie die trockneren Stellen auf, sind also dann negativ hydrotaktisch.

Wir können schliesslich neben diesen allgemeinen Arten taktischer Erscheinungen noch specielle unterscheiden. So fliehen viele Tiere vor anderen und werden von noch anderen angezogen. Kleine insektenfressende Vögel fliehen vor dem Habicht, folgen aber den Insekten; Krähen und andere Vögel werden durch Uhus und andere Eulen angelockt, Forellen durch auf dem Wasser schwimmende Insekten, Spinnen von Bewegungen, die von einer bestimmten Stelle ihres Netzes ausgehen, kurz, die Anzahl der speciellen Fälle taktischer Erscheinungen

ist eine ausserordentlich grosse. Wir könnten sie nach den verschiedenen Arten der Sinneswahrnehmungen und deren Kombinationen gruppieren, und wollen alle diese speciellen energotaktischen Erscheinungen, bei denen bestimmte Komplexe von Vorgängen oder Dingen eine Rolle spielen, einerlei, welchem Gebiete unserer Wahrnehmungen die einzelnen Elemente dieser Komplexe angehören, idiotaktische nennen, weil es sich bei ihnen um Bilder als Auslöser der taktischen Erscheinungen handelt, um Bilder im weitesten Sinne des Wortes.

Von tropischen Erscheinungen spricht man dann, wenn es sich nicht um richtende Beeinflussung frei beweglicher Organismen, sondern um die wachsender Organe handelt. Im übrigen lassen sich die tropischen Erscheinungen nach denselben Gesichtspunkten klassificieren wie die taktischen.

In Fällen von Phototropismus oder Heliotropismus gewinnt einseitige Beleuchtung einen bestimmten Einfluss auf die Wachstumsrichtung pflanzlicher oder tierischer Organe. Der Heliotropismus der Pflanzen ist allgemein bekannt. Er lässt sich auch durch Versuche leicht nachweisen. Wenn man z. B. Keimpflanzen der Bohne in einen Kasten bringt, dessen Inneres nur durch eine an einer Seite angebrachte Öffnung beleuchtet wird, und sie einige Zeit darin bleiben lässt, so haben sie sich nach der Richtung der einfallenden Lichtstrahlen hingewendet. Sie sind positiv heliotropisch. Es giebt aber auch negativ heliotropische Pflanzenorgane. Keimpflanzen des weissen Senfes (Sinapis alba), die man in einem Gefäss mit Nährlösung kultiviert und in den Experimentirkasten bringt, wenden ihre Wurzeln nicht dem Licht zu, sondern von ihm fort. Neben dem positiven und dem negativen Heliotropismus giebt es einen Transversal- oder Diaheliotropismus, der sich, wie man es an Zimmerpflanzen leicht beobachten kann, darin offenbart, dass sich die Blattoberfläche senkrecht zur Richtung der auf sie fallenden Lichtstrahlen stellt. Unter den Tieren zeigen namentlich die Hydroidpolypen heliotropische Erscheinungen. Bringt man Stöcke von Sertularella polyzonias in ein Aquarium, das nur von einer Seite her Licht erhält, so erweisen sich die sogenannten Stolonen oder Wurzelausläufer dieser Stöcke als negativ heliotropisch. Das gilt indessen nur von den Hauptstolonen, von denen erster Ordnung; die zweiter Ordnung sind positiv heliotropisch. Negativ heliotropisch sind dann wieder die Stolonen dritter Ordnung.

Über den Thermotropismus der Organismen ist wenig bekannt. Es ist jedoch festgestellt worden, dass sich die Stengel des Maises (Zea) positiv, die des Flachses (Linum) negativ thermotropisch verhalten. Die Wurzeln von Keimpflanzen wenden sich bei niederen Temperaturen der Wärmequelle zu, bei höheren von ihr ab.

Auch über den Galvanotropismus weiss man wenig. Negativ gal-

vanotropisch sind Wurzeln, die in Wasser, durch das ein schwacher konstanter galvanischer Strom geht, kultiviert werden.

Der Geotropismus spielt eine grosse Rolle namentlich im Pflanzenreiche. Positiv geotropisch sind die Hauptwurzeln von Keimpflanzen, wie man es sehr leicht an einer Bohnenkeimpflanze beobachten kann, die man auf feuchte Erde legt, und, um Lichteinflüsse auszuschliessen, in einen dunkeln mit Wasserdampf gesättigten Raum bringt. Nach einiger Zeit hat sich die Spitze der Hauptwurzel dem Erdmittelpunkt zugewendet. Negativ geotropisch sind dagegen die Hauptsprosse der Pflanzen. Man weist dieses dadurch nach, dass man eine wachsende Pflanze in einen Apparat bringt, der durch einen zu diesem Zwecke konstruierten Mechanismus die Lage der Pflanze fortwährend verändert. Die Pflanze wächst dann in ihrer ursprünglichen Richtung weiter, während sich ihr Stengel aufrichtet, wenn man ihn in horizontale Lage bringt und dadurch dem Gravitationsreiz feste Angriffspunkte bietet. Ausser positivem und negativem Geotropismus giebt es auch noch einen Dia- oder Transversalgeotropismus, wie er z. B. an den Nebenwurzeln erster Ordnung der Saubohne (Vicia faba) beobachtet worden ist. Wenn man einen Behälter, worin eine Keimpflanze von Vicia faba wächst, so umdreht, dass die Spitze der Hauptwurzel nach oben gerichtet ist, so krümmen sich die Nebenwurzeln in einer bestimmten Richtung nach unten, so dass sie mit der Gravitationsrichtung wieder ungefähr denselben Winkel bilden, wie vor dem Beginn des Versuchs. Ausgesprochen transversalgeotropisch sind die Hüte der Hutpilze, wie man es gut beobachten kann, wenn ein Pilz an einer senkrechten oder schiefen Fläche wächst. Die Hüte stellen sich mit ihrer Fläche dann senkrecht zur Richtung der Gravitation ein. Geotropische Tiere hat man in den Hydroidpolypen kennen gelernt. Bei Antennularia antennina ist der Hauptstamm negativ, während die Stolonen positiv geotropisch sind.

Über den Stereotropismus der Organismen, namentlich über den der Pflanzen, liegt eine grosse Menge von Beobachtungen vor. Insbesondere lassen sich solche Beobachtungen an den Ranken vieler Pflanzen anstellen. Berühren sie eine Stütze, so krümmen sie sich gegen die Stütze hin und umschlingen sie infolgedessen, eine Thatsache, von der man sich häufig überzeugen kann. Besonders schöne Beobachtungen über Stereotropismus kann man in tropischen Wäldern an den Haftwurzeln von auf Bäumen wachsenden Pflanzen, z. B. von Orchideen und Feigenarten machen. Die Wurzeln der letzteren drücken sich so eng an den von ihnen umschlungenen Baumstamm, dass sie förmlich breitgedrückt erscheinen. In der Tierwelt sind stereotropische Erscheinungen an den Stolonen der Hydroidpolypen nachgewiesen worden. Sie legen sich festen Körpern, mit denen sie in Berührung kommen, dicht an.

Rheotropismus, und zwar positiver, ist an den Wurzeln des Maises beobachtet worden, die einem Wasserstrom entgegenwachsen.

Chemotropismus ist bei manchen Pflanzen beobachtet worden. So werden wachsende Pilzfäden durch die Nachbarschaft gewisser Stoffe in ihrer Wachstumsrichtung beeinflusst, wobei sie sich je nach den Umständen positiv oder negativ chemotropisch verhalten. Pilzfäden, die in das Innere eines Tier- oder Pflanzenkörpers eindringen, werden wahrscheinlich durch ihren Chemotropismus hierzu befähigt. Chemotropisch sind auch die Pollenschläuche der Blütenpflanzen. Bekanntlich wachsen die Pollenkörner, um zu der Eizelle zu gelangen, aus, und es hat sich herausgestellt, dass sie negativ chemotropisch in Bezug auf den Sauerstoff der Luft, positiv chemotropisch dagegen zu gewissen von der Narbe, dem Griffel und den Eizellen der Pflanzen gelieferten Stoffen sind.

Hydrotropismus kann man an den Wurzeln von Keimpflanzen beobachten, die man in einem Siebe mit feuchten Sägespänen wachsen lässt. Hängt man dieses Sieb schräg auf, so wachsen die Wurzeln nicht mehr weiter senkrecht nach unten, sondern in die Sägespäne hinein, jedoch nur dann, wenn die umgebende Luft ziemlich trocken ist. Bringt man nämlich das Sieb in einen von Wasserdampf erfüllten Raum, und hängt es hier wieder schräg auf, so wachsen die Wurzeln vermöge ihres Geotropismus senkrecht nach unten.

Im Anschluss an die geschilderten taktischen und tropischen Erscheinungen der Organismen haben wir nunmehr einige Punkte von allgemeiner Bedeutung zu erörtern. Es ist eine auffallende Erscheinung, dass dieselben Organe bei systematisch einander nahestehenden Organismenarten durch ganz verschiedene Formen der Energie in ihrer Wachstumsrichtung beeinflusst werden. So hat man gefunden, dass zwei Formen der Hydroidpolypengattung Sertularella, die so wenig voneinander verschieden sind, dass man sie kaum als zu zwei verschiedene Arten gehörig betrachten kann, sondern vielmehr als Unterarten einer Species ansehen muss, in der Wachstumsrichtung ihrer Stolonen nicht durch dieselbe Form von Energie beeinflusst werden. Die Stolonen der einen Form reagieren auf das Licht, die der andern auf die Schwereenergie. Ein anderes Beispiel für eine verschiedene Art der Reaktion bei einander nahestehenden Formen wird durch die Sprosse der Pflanzen geliefert. Die meisten von ihnen wachsen entweder senkrecht nach aufwärts oder bilden, falls es Seitensprosse sind, mit dem oberhalb ihrer Ansatzstelle befindlichen Teile des Hauptstammes einen spitzen Winkel. Dagegen wachsen die ersten Seitensprosse mancher Lippenblüter (Labiaten), die der Schachtelhalme (Equisetum) und gewisse Sprosse anderer Pflanzen senkrecht nach unten in die Erde hinein.

Wir werden sehen, dass der Mechanismus der taktischen und tropischen Erscheinungen in dem Bau der betreffenden Organismen begründet sein muss; deshalb ist auch sicher die specifische Art und Weise der Reaktionsfähigkeit gleichfalls aus der Organisation der in Frage kommenden Tiere und Pflanzen zu begreifen.

Ein zweiter Punkt, der für die Auffassung der Erscheinungen der Richtungsreizung von Wichtigkeit ist, ist die Verschiedenartigkeit der Reaktionsweise der Organismen und Organe auf ihren verschiedenen Entwickelungsstadien und unter verschiedenen Umständen. Bei den Plasmodien der Lohblüte hat man, wie wir bereits gesehen haben, festgestellt, dass sie sich während der Reifezeit gerade umgekehrt verhalten als während ihrer Jugend, wo sie negativ heliotropisch und positiv hydrotropisch sind. Bei den sogenannten Kandelaberbäumen der Wendekreisländer sind die am Stamm stehenden Seitenäste anfangs transversal- später aber negativgeotropisch, wodurch die eigentümliche Kandelaberform zustande kommt. Wenn man die Temperatur des Wassers, in welchen sich Schwärmsporen befinden, erhöht, verwandelt sich entweder ihre negative Phototaxis in positive oder umgekehrt. Durch Herabsetzung der Temperatur werden die Larven eines Wurmes, Polygordius, und kleine Krebse aus der Abteilung der Copepoden, die sonst negativ phototaktisch sind, so umgestimmt, dass sie nunmehr der Lichtquelle entgegen schwimmen. Bei Mangel an Sauerstoff wird die positive Phototaxis von Schwärmsporen erhöht, und durch starke Fleischextraktlösungen werden Bakterien von Spirillum undula so beeinflusst, dass sie, wenn man ihnen Gelegenheit dazu giebt, sich einer Lösung von Asparagin gegenüber positiv chemotaktisch verhalten, während sie diese vorher wegen ihrer zu starken Koncentration flohen. Die Beeinflussung der Wachstumsrichtung der Organe durch gewisse Umstände lässt sich unter anderem leicht an den Seitenästen von Nadelholzbäumen, deren Gipfelspross verloren gegangen ist, beobachten. Waren alle Seitenäste bei Vorhandensein des Gipfelsprosses transversalgeotropisch, so wird jetzt einer oder einige wenige von ihnen negativ geotropisch, indem sie sich aufrichten und senkrecht in die Höhe wachsen. Ähnliches kann man an den Seitenwurzeln mancher Pflanzen, z. B. denen der Bohne, beobachten, die positiv anstatt transversal geotropisch werden, wenn die Hauptwurzel abgeschnitten worden ist. Die Hauptwurzel von Keimpflanzen, die positiv geotropisch ist, wird transversal geotropisch, wenn die betreffenden Individuen fremden Kultureinflüssen, z. B. mit Wasserdampf gesättigter Luft, ausgesetzt werden.

Wir haben ferner zu betonen, dass die Stärke der bei tropischen und taktischen Erscheinungen in Frage kommenden Energiearten von Bedeutung ist. So kann schwache Lichtintensität positiv, stärkere negativ phototaktisch wirken. Durch Erhöhung des Sauerstoffgehalts

der Umgebung wird der positive Oxygenotropismus der Wurzeln in negativen verwandelt. Die Ranken des Weines (Vitis) und des sogenannten wilden Weines (Ampelopsis) sind bei einseitigem, schwachem Licht positiv, bei starkem negativ heliotropisch.

Weiterhin ist zu beachten, dass die Empfindlichkeit der Organismen Richtungsreizen gegenüber durch Gewöhnung herabgesetzt wird. Die Samenfäden der Farne verhalten sich apfelsaurem Natron gegenüber positiv chemotaktisch. Man stellt den betreffenden Versuch in der Weise an, dass man ein feines Haarröhrchen mit einer 0,001 % starken Lösung des apfelsauren Natrons füllt und es dann in einen Tropfen Wasser legt, worin sich die Spermatozoen befinden. Dann kann man unter dem Mikroskop beobachten, dass die Samenfäden das apfelsaure Natron aufsuchen. Finden sie sich aber vor dem Versuche bereits in einer 0,001 procentigen Lösung dieses Stoffes, so muss die Koncentration der in das Haarröhrchen zu bringenden Lösung bedeutend erhöht werden; es genügt nicht etwa, wie man glauben könnte, dass man jetzt eine Lösung von 0,002 % nimmt; sondern die Lösung muss dreissigmal so stark sein als die Lösung, in welcher sich die Samenfäden befinden, und dieses gilt ganz allgemein. Man muss die Haarröhrchen mit einer 0,3 % starken Lösung füllen, wenn sich die Samenfäden in einer 0,01 procentigen Lösung befinden, und eine 1,5 procentige nehmen, wenn sie sich an eine Lösung von 0,05 % Stärke gewöhnt haben. Daraus ergiebt sich das Gesetz, dass die Intensität der tropisch oder taktisch wirkenden Energie ein bestimmtes Vielfaches der schon vorhandenen Energie betragen muss, falls eine Reaktion erfolgen soll. Bekanntlich gilt dasselbe Gesetz unter dem Namen des Weberschen auch für die Sinneswahrnehmungen des Menschen; es gilt auch für heliotropische Bewegungen und chemotropische Krümmungen der Pilzfäden.

Ein bei der Beurteilung der tropischen Erscheinungen Beachtung fordernder Punkt ist der, dass nicht in allen Fällen gerade das Organ, auf welches eine Energieart einwirkt, mit einer Veränderung der Wachstumsrichtung antwortet. Bei Pflanzen kann die Einwirkung auf Teile erfolgen, die nicht zu reagieren vermögen; sie wird nach anderen Teilen fortgeleitet, worauf hier die Reaktion erfolgt.

Des weiteren ist zu beachten, dass die Einwirkung eine Zeitlang angedauert haben muss, ehe die Reaktion eintritt, und dass diese, falls die Einwirkung nur lange genug gedauert hat, auch dann erfolgt, wenn die Einwirkung aufhört. Wird der Stengel der Keimpflanze einer Bohne, Phaseolus multiflorus, eine Stunde lang mit einer Gasflamme beleuchtet und dann ins dunkle gebracht, so zeigt sich zwei Stunden später eine wahrnehmbare phototropische Krümmung.

Wir mussten uns mit den taktischen und tropischen Erscheinungen der Organismen so eingehend, wie es geschehen ist, beschäftigen, weil

die Form mancher Tiere und Pflanzen durch Richtungsreize beeinflusst und vorübergehend oder dauernd geändert werden kann. Zwar lassen sich in Bezug auf diesen Punkt die Erscheinungen, die in das Gebiet der Physiologie, und diejenigen, die in das der Entwickelungsmechanik gehören, zur Zeit noch nicht immer leicht auseinander halten. Indessen wird die Zukunft hierin voraussichtlich Wandel schaffen.

Die Abhängigkeit der Gestalt von Richtungsreizen ist bei Pflanzen eine ausserordentlich weitgehende. Bei Tieren ist sie weniger beträchtlich; indessen kommt sie, wie wir gesehen haben, auch hier vor, und sie spielt vielleicht eine grössere Rolle, als wir zur Zeit ahnen. Schon jetzt kennen wir eine Anzahl von Beispielen aus der Keimesgeschichte der Tiere, wo wahrscheinlich die betreffenden keimesgeschichtlichen Vorgänge auf Richtungsreize hin erfolgen. Wahrscheinlich sind es chemische Richtungsreize, die in der tierischen Keimesgeschichte eine grosse Rolle spielen. Eine Chemotaxis nach Sauerstoff kommt, wie es scheint, für die Anordnung der Zellen in Keimen von Knochenfischen in Betracht. An Lachskeimen hat man beobachtet, dass sich in Schichten, die aus mehreren Lagen von Zellen bestehen, die tiefliegenden Zellen zwischen die oberflächlichen schieben und diese auseinander drängen. Bei dünneren Zelllagen breiten sich die Zellen so aus, dass sie einen möglichst grossen Teil ihrer Oberfläche an die Peripherie des Keimes bringen. Wahrscheinlich ist es Bedürfnis nach Sauerstoff, das diesen Bewegungsvorgang hervorruft. Chemotaktisch scheinen auch die Farbstoffzellen (Chromatophoren) bei gewissen Fischembryonen zu sein. So hat man bei Embryonen von Fundulus beobachtet, dass diese Zellen sich aussen auf die Blutgefässe des Dottersackes legen, wenn diese von Blut durchströmt werden. Ehe letzteres geschieht, tritt die Anlagerung der Farbstoffzellen an die Gefässwand nicht ein; und bringt man den Blutkreislauf dadurch zum Stillstand, dass man dem Meerwasser, in welchem sich die Embryonen befinden, Chlorkalium zusetzt, so verhalten sich die Farbstoffzellen gleichfalls nicht mehr chemotaktisch zu den Gefässwandungen, oder vielmehr zu gewissen Bestandteilen des Blutes, die durch die Gefässwandungen hindurch treten, obwohl die Entwickelung der Gefässe durch den Zusatz von Chlorkalium nicht gehemmt wird. Sie bleiben dann in den Zwischenräumen der Gefässe liegen. Durch das chemotaktische Verhalten der Farbstoffzellen erhalten die Gefässe eine Art Scheide. Die Zellen verlieren ihr amöbenartiges Aussehen, sobald sie sich einem Gefässe angelagert haben, und der Dottersack büsst infolge dieser Anlagerung seine ursprüngliche Zeichnung ein, wohingegen eine neue Zeichnung durch die Wanderung der Farbstoffzellen zustande kommt. Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass es die Chemotaxis der Farbstoffzellen zu gewissen Stoffen des Blutes ist, die bei diesen Gestaltungsvorgängen eine Rolle spielt.

Chemotaktische Vorgänge werden es auch wohl sein, wodurch sich isolierte Furchungszellen des braunen Frosches (Rana temporaria) gegeneinander bewegen und unter gegenseitiger Abplattung nahe aneinander drängen. Auf taktischen Vorgängen dürfte auch die Vereinigung gewisser Organe miteinander, z. B. die der ursprünglich mit freien Enden versehenen Nerven, mit bestimmten Muskeln beruhen. Übrigens ist die Anschauung, dass tropische und taktische Vorgänge in der Keimesgeschichte der Organismen eine Rolle spielen, noch zu neu, als dass sich schon gegenwärtig viele Beispiele dafür anführen liessen. Aber man darf wohl heute schon den Satz gutheissen, dass nicht bloss frei bewegliche Organismen in ihren Bewegungsrichtungen durch von aussen kommende Reize beeinflusst werden, sondern dass auch tropische und taktische Erscheinungen bei Zellen tierischer und wohl auch pflanzlicher Gewebe eine grosse Rolle spielen, und dass eine Anzahl keimesgeschichtlicher Vorgänge nur hierauf beruht.

Aus dem Grunde, dass Richtungsreize für die Keimesgeschichte der Organismen wahrscheinlich von Bedeutung sind, haben wir noch etwas näher auf die betreffenden Erscheinungen einzugehen, um die Art und Weise, auf welche sie zustande kommen, so gut es angeht, kennen zu lernen.

Es fragt sich zunächst, ob wir unter unseren Beispielen nicht manches aufgeführt haben, was nicht auf den Namen einer hierhergehörigen Erscheinung Anspruch hat. Man könnte es z. B. bedenklich finden, dass wir beim Hunde von Thermotaxis gesprochen haben. Der Hund sucht ja keineswegs immer Wärmequellen auf; er läuft auch der Spur seines Herrn nach, folgt aber auch Fremden, namentlich Bettlern, bis zu einem gewissen Grade, ebenso auch der Fährte eines Wildes, kurz, er ist in seinen Bewegungen, wenn nicht ganz, so doch nahezu so unberechenbar, wie der Mensch es zu sein scheint. Indessen dürfen wir nicht vergessen, dass auch dieser in seinem Thun und Lassen nicht völlig unberechenbar ist. Es lässt sich z. B. mit grosser Sicherheit vorhersagen, dass Menschen, die einem Feuerwerke beiwohnen, eine in die Luft steigende Rakete mit ihren Augen verfolgen, und dass im Theater die meisten Besucher beim Aufgehen des Vorhanges aufsehen werden. Entsteht im Theater ein Brand, so kann man mit der grössten Bestimmtheit darauf rechnen, dass die Menschen nach den Ausgängen fliehen werden, und zwar mit so grosser Bestimmtheit, dass hierauf bei dem Bau eines Theaters gebührende Rücksicht genommen werden muss. So ganz unberechenbar ist der Mensch also nicht; im Gegenteil sind seine Handlungen ebenso fest bestimmt, wie die irgend eines anderen Tieres; nur ist der Organismus des Menschen ein ausserordentlich komplicierter, und wenn er von verschiedenen Seiten aus beeinflusst wird, so können wir deshalb nicht

sagen, was das Resultat sein wird, weil wir diesen komplicierten Organismus lange nicht genau genug kennen. Der Naturforscher ist völlig durchdrungen von der Überzeugung, dass sich der Mensch und andere höhere Tiere nur durch die Komplikation ihres Baues von den niederen und niedersten Organismen unterscheiden. Aus diesem Grunde können wir auch beim Menschen von taktischen Erscheinungen sprechen. Der Mensch flieht z. B. gewisse Stoffe, und jemand, der seinen Geruch verloren hat, hätte zweifellos das Recht, zu sagen, dass die Menschen sich zu einem Haufen frischer noch dampfender Exkremente in ebenso hohem Grade negativ chemotaktisch verhalten, wie der Mistkäfer einem solchen warmen Kothaufen gegenüber positiv chemotaktisch ist. Er könnte aber freilich auch die Beobachtung machen, dass verschiedene Menschen sich hierin verschieden verhalten, dass z. B. manche Menschen gerade Misthaufen aufsuchen, wobei er jedoch finden wird, dass sie sich nicht sowohl dem Misthaufen, als vielmehr den von diesen aufgesuchten Insekten nähern. Denn er wird finden, dass solche Menschen auch den Insekten nachgehen, wenn sich diese nicht gerade in oder bei einem Kothaufen befinden. Mit einem Worte, ein genaues Studium der Ortsveränderungen der Menschen ergiebt, dass hier ganz bestimmte taktische Erscheinungen vorliegen. Darin aber, dass der Mensch bald diese, bald jene taktischen Erscheinungen zeigt, z. B. bald negative Chemotaxis, bald positive Thermotaxis oder negative Hydrotaxis, steht er keineswegs allein. Wie wir gesehen haben, verhalten sich selbst ganz niedere Organismen je nach den Umständen sehr verschieden, so z. B. die Lohblüte, deren Plasmodien ja nur aus einer vielkernigen Protoplasmamasse bestehen. Sie zeigen in dem einen Fall positive Rheotaxis, in einem andern positive Thermotaxis, darauf positive oder negative Chemotaxis oder Hydrotaxis. In Bezug auf die taktischen Erscheinungen steht der Mensch also den niedersten Organismen keineswegs so fern, wie es auf den ersten Blick erscheint, und er und die höheren Organismen könnten schon deshalb bezüglich ihrer taktischen Erscheinungen nicht von den niederen und niedersten getrennt werden, weil diese Erscheinungen von den niedersten Organismen bis zu den höchsten hinauf so gestuft sind, dass wir nirgends eine Trennungslinie zu ziehen vermögen.

Wir haben also festzustellen, dass alle frei beweglichen Organismen taktischen Erscheinungen unterworfen sind, was wir deshalb thun, weil dieser Umstand uns in Bezug auf einen wichtigen Punkt Aufklärung giebt. Wenn ein Mensch oder ein höheres Tier auf irgend etwas zueilt oder vor irgend etwas flieht, so tritt dabei der komplicierte Mechanismus seines Bewegungsapparats in Thätigkeit. Dasselbe gilt aber auch für die frei beweglichen Organismen von mittlerer Organisationshöhe, ja selbst für niedere und niederste Organismen. Ein In-

fusorium z. B. benutzt den seinen Körper bedeckenden Wimperapparat, um sich einer Reizquelle zu nähern oder von ihr fortzubewegen, und wir dürfen uns überzeugt halten, dass sich auch ein so einfacher Organismus, wie es die Lohblüte oder eine Amöbe ist, beim Fortkriechen eines Mechanismus bedient, der uns nur deshalb so einfach erscheint, weil wir keinen näheren Einblick in sein Getriebe haben, der aber keineswegs einer ziemlich hohen Komplikation zu entbehren braucht. Hieraus haben wir nun den Schluss zu ziehen, dass die taktischen Erscheinungen der Organismen nicht etwa so aufzufassen sind, wie z. B. die Erscheinungen der sogenannten Schwerkraft wohl aufgefasst werden, in denen manche Theoretiker die Äusserung einer in die Ferne wirkenden Kraft erblicken. Wir wissen selbst hier nicht, ob den fallenden Stein nicht auch ein kompliciertes Räderwerk, wenn wir uns so ausdrücken dürfen, gegen die Erde treibt, nimmt doch die elektromagnetische Lichttheorie Atome an, die mit Rauchringen, wie sie gelegentlich von Tabaksrauchern ausgestossen werden, insofern Ähnlichkeit haben, als sie gleich diesen Wirbelringe sind. Umsoweniger dürfen wir versuchen, die taktischen und tropischen Erscheinungen der Organismen dazu zu benutzen, gewisse Erscheinungen der keimesgeschichtlichen Entwickelung, weil auch diese möglicherweise auf Richtungsreize zurückzuführen sind, zu erklären. Da die taktischen und tropischen Erscheinungen der Organismen selbst erst begriffen sein wollen, so würden wir ja damit das Kunststück Münchhausens auszuführen trachten, der sich an seinem eigenen Zopf aus dem Sumpf zog. Wenn wir erkennen sollten, dass es sich in der Keimesgeschichte thatsächlich oft um taktische und tropische Erscheinungen handelt, so würden wir damit freilich den wichtigen Schritt gethan haben, die betreffenden keimesgeschichtlichen Vorgänge und die übrigen taktischen und tropischen Erscheinungen der Organismen, wie man sich auszudrücken pflegt, unter einen Hut zu bringen. Aber die viel schwierigere Aufgabe, einen Einblick in das Getriebe jener keimesgeschichtlichen Processe einer- und dieser Vorgänge anderseits zu gewinnen, bliebe uns noch zu thun übrig.

Hier ist auch eine schon früher von uns ausgesprochene Warnung am Platze, die Warnung nämlich, die Erscheinungen, die wir an höheren Organismen bemerken, durch Beobachtungen, die an niederen gemacht wurden, erklären zu wollen. Werfen wir einmal auf das Gebiet der psychischen Vorgänge einen Blick, so müssen wir den umgekehrten Weg einschlagen und vom Menschen, speciell von unserem eigenen Ich, ausgehen. Was wir selbst empfinden, das wissen wir ganz genau. Schon weniger sicher sind wir bei anderen Menschen und bei höheren Tieren. Von den Empfindungen der niedersten Tiere und denen der Pflanzen wissen wir dagegen nichts. Wir können uns keine

Vorstellung davon machen, während solches bei anderen Menschen und bei höheren Tieren noch möglich ist. Dies sollte uns wenigstens auf den Gedanken bringen, zu versuchen, ob wir nicht auch bei den sich im Organismus vollziehenden körperlichen Processen weiter kommen, wenn wir die Vorgänge zuerst an höheren Organismen kennen zu lernen suchen und die gewonnene Erkenntnis auf die niederen anwenden. Es ist im höchsten Grade wahrscheinlich, dass der Chemismus einer quergestreiften Muskelfaser viel einfacher ist, als der einer Amöbe. Die Bewegungen der letzteren werden sich deshalb wahrscheinlich viel leichter auf Grund einer genauen Kenntnis der Bewegungen und chemischen Vorgänge einer quergestreiften Muskelfaser verstehen lassen, als umgekehrt. Bei den höheren Organismen ist das, was im Protoplasma der niederen Tiere durcheinander gemengt ist, sauber voneinander geschieden; und wenn sie auch viel komplicierter gebaut sind als die niederen, so ist doch ihr Mechanismus ein bedeutend besser geregelter, als der von Amöben und ähnlichen Tieren und Pflanzen. Wenn aber ein Mechanismus einen geregelten Gang hat, so verstehen wir ihn viel besser, als wenn sich die Bewegungsvorgänge in ihm ganz regellos abspielen, mag er auch noch so kompliciert sein.

Als Beispiel einer verkehrten Benutzung der sich an den niederen Organismen vollziehenden Vorgänge zur Erklärung der an den höheren stattfindenden kann folgendes dienen: Man könnte versuchen, die Bewegungen der lebendigen Substanz dadurch zu erklären, dass man sie auf Chemotaxis zurückführt. In einer Amöbe oder einem andern Wurzelfüsser wären, so könnte man sagen, gewisse Bestandteile des Protoplasmas chemotaktisch zu dem Sauerstoff der Umgebung. Infolgedessen würden die Scheinfüsschen ausgestreckt, gewissermaassen aus dem Protoplasmaleibe herausgezogen. Kämen die betreffenden Stoffteilchen nun mit dem Sauerstoff in Berührung, so veränderten sie durch Aufnahme von Sauerstoff ihre chemische Zusammensetzung; ihre Moleküle würden infolgedessen viel labiler oder explosiver als vorher und verlören bei geringen Anstössen nebst den eben angeketteten Sauerstoffatomen auch noch etliche andere, die sie aus dem Innern des Protoplasmaleibes mitgebracht hätten. Deshalb zeigten sie nunmehr Chemotaxis zu gewissen Substanzen, die von dem Kern geliefert würden, und begäben sich darum wieder in die Nähe des Kerns, wodurch das Einziehen der Scheinfüsschen zu Wege käme. Diese vermeintliche Erklärung könnte man nun auf kompliciertere Organismen ausdehnen, zunächst auf solche, wie es die Geisseltiere, die sich mit Hilfe von einer oder mehreren Geisseln bewegen, und die Wimpertiere sind, die vermittelst ihrer Wimpern Bewegungen ausführen. Bei diesen Tieren wären Stoffe in den Geisseln, bezw. in den Wimpern gleichfalls chemotaktisch einerseits zu Stoffen des Kernes, anderseits zum

Sauerstoff der Umgebung. Weiterhin könnte man dasselbe von Stoffen im Leibe der glatten Muskelzellen behaupten. Auch in den quergestreiften Muskelfasern könnte man entsprechende chemotaktische Beziehungen zwischen den zweierlei Arten von Querscheibchen, die in ihnen miteinander abwechseln, bestehen lassen und so dazu gelangen, die Bewegungen der höheren Tiere auf die Chemotaxis der niederen zurückzuführen. Erinnern wir uns aber dessen, dass wir auch beim Menschen und bei den höheren Tieren von taktischen Erscheinungen sprechen dürfen, und denken wir namentlich daran, dass man gar kein Bedenken trägt, z. B. die Samenfäden gewisser Pflanzen, die mit Hilfe zweier beweglicher Fortsätze lebhaft umherschwimmen und sich zweifellos vermittelst dieser der zu befruchtenden Eizelle nähern, mit Chemotaxis zu gewissen Stoffen der Eizelle auszustatten, so finden wir, dass man durch Aufstellung der vorgetragenen fingierten Theorie das Kunststück Münchhausens in der That fertig bringen würde. Denn dazu, dass z. B. die Samenfäden, bei denen sich wahrscheinlich Chemotaxis findet, diese zeigen können, bedürfen sie gerade eines Bewegungsapparates, der in manchen Fällen recht sinnreich ist, z. B. beim Samenfaden des Erdsalamanders (Salamandra maculosa) durch einen langen Schwanz mit einem Flossensaum dargestellt wird. Die Chemotaxis der Samenfäden zeigt sich also darin, dass sie sich mit Hilfe ihres Bewegungsapparates der Eizelle nähern. Nun müsste man aber jenem fingierten Erklärungsversuch der Bewegung der lebendigen Substanz gemäss die Bewegungen dieses Apparates wieder auf Chemotaxis zurückführen und hiermit Münchhausens Kunststück vollziehen. Die Chemotaxis der Samenfäden wird durch ihren Bewegungsapparat erklärt. Folglich kann man den Bewegungsapparat nicht durch Chemotaxis erklären.

In dem Bewegungsapparat der Samenfäden haben wir einen Mechanismus vor uns. Ein Mechanismus, z. B. der einer Lokomotive, die auf einem bestimmten Geleise steht, erklärt uns, warum sich diese auf eine in ihrer Bewegungsrichtung liegende Station zu bewegt. Das Hinfahren der Lokomotive nach dieser Station kann aber ihren komplicierten Mechanismus nicht erklären. Dieses Ergebnis führt uns zu einem letzten wichtigen Punkt, der bei der Beurteilung der taktischen und tropischen Erscheinungen der Organismen und bei ihrer Verwertung für die Deutung keimesgeschichtlicher Processe in Betracht kommt, und das ist der sich aus dem Vorhergehenden ergebende Umstand, dass jeder taktische und tropische Vorgang einen Apparat, eine bestimmte Organisation voraussetzt. Die taktischen und tropischen Erscheinungen kommen nur auf Grund einer bestimmten Organisation zustande. Man darf also nicht sagen, dass z. B. die Thermotaxis der Wimperinfusorien, etwa die von Paramaecium, ihre Ursache in der

thermischen Energie habe; dieser kommt nur die Rolle eines auslösenden Reizes zu, indem sie den Bewegungsapparat der Infusorien in Gang setzt und in bestimmter Weise regelt. Sie braucht diesem Apparate nicht einmal direkte Stösse zu versetzen, sondern der von ihr ausgehende Anstoss läuft vielleicht eine längere oder kürzere Reihe von Zwischengliedern durch, von denen nur das letzte direkt mit dem Bewegungsapparat in Verbindung steht, wie es beim Thermotropismus der höheren Tiere ganz sicher der Fall ist. Die Wärmebewegung, die vom Ofen ausgeht, trifft nur die Endigungen der sensiblen Nerven des Hundes und giebt in diesen wahrscheinlich den Anstoss zu chemischen Vorgängen, die sich durch die Nerven hindurch bis nach dem Gehirn, hier auf gewisse Ganglienzellen, die mit den sensiblen Nerven in Verbindung stehen, und von diesen aus auf andere, die Beziehungen zu Bewegungsnerven haben, fortsetzen. Durch die lokomotorischen Nerven geht dann zu den Muskeln eine Reihe von Anstössen und versetzt diese in Aktion, worauf die Erscheinung der Thermotaxis sichtbar wird. Gebrauchen aber die taktischen Erscheinungen der freibeweglichen Organismen einen Apparat, so ist es klar, dass ein solcher auch bei denjenigen keimesgeschichtlichen Processen, die sich als taktische oder tropische darstellen, vorhanden sein muss. Nehmen wir z. B. an, dass wir in der Einstülpung der Oberhautschicht, durch welche die Linse des Wirbeltierauges zustande kommt, eine taktische Erscheinung vor uns haben, vielleicht eine chemotaktische, so müssen wir fragen, wie der Apparat beschaffen ist, der die betreffende Oberhautpartie in Bewegung setzt. Dieser Apparat muss notwendigerweise in ihr selbst stecken, und auf ihn haben wir die Chemotaxis der Oberhautpartie, aus der sich die Linse des Wirbeltierauges bildet, zurückzuführen. Wir können aber nicht umgekehrt die Bewegungen des Linsenbildungsmechanismus durch Chemotaxis erklären. Nun sucht aber gerade die Entwickelungsmechanik Licht in die Maschinerie der keimesgeschichtlichen Entwickelungsprocesse zu bringen. Deshalb ist es nötig, dass man sich bei jedem keimesgeschichtlichen Vorgang fragt, wie der Mechanismus beschaffen sei, durch den er zustande kommt, mit andern Worten, welche Struktur dem betreffenden keimesgeschichtlichen Stadium vorausgegangen sei. Dabei gelangt man schliesslich auf die Struktur der Eizelle; von dieser muss man also unter allen Umständen ausgehen. Nur auf Grund einer gegebenen Struktur der Eizelle lassen sich die keimesgeschichtlichen Vorgänge verstehen. Gelangt man also dazu, die keimesgeschichtlichen Vorgänge, z. B. die Einstülpung einer Hälfte einer aus einer Schicht von Zellen bestehenden Keimblase in deren andere Hälfte als einen chemotaktischen Process aufzufassen, so darf man nicht glauben, dass hiermit die Analyse des betreffenden Processes vollendet sei. Man muss vielmehr jetzt ver-

suchen, sich über den Mechanismus der Einstülpung eine Vorstellung zu bilden, ihn an der Hand der vorliegenden Befunde und durch Vergleichung mit anderen so gut wie möglich zu analysieren. Erst damit wäre die Analyse des Einstülpungsprocesses vollendet. Wer aber eine Theorie der keimesgeschichtlichen Entwickelung aufstellen wollte, in welcher lediglich taktische und tropische Erscheinungen eine Rolle spielen, der würde bei der Analyse der keimesgeschichtlichen Vorgänge zu früh halt gemacht haben und müsste deshalb auf das Begreifen der organischen Entwickelung auf zu früher Stufe verzichten. Wenn jemand aber gar meinen sollte, er könne die keimesgeschichtlichen Vorgänge dadurch dem Verständnis genügend nahe bringen, dass er sie, sei es durch Beobachtungen und Experimente, sei es durch Hypothesen, auf taktische und tropische Erscheinungen zurückführt, der bringt gleichfalls das Kunststück Münchhausens fertig.

Wir haben demnach aus diesen Erörterungen die Lehre zu ziehen, dass man wohl sagen darf: In diesem oder jenem keimesgeschichtlichen Vorgange haben wir eine taktische oder eine tropische Erscheinung vor uns und damit einen ersten Schritt zum Begreifen dieses Vorgangs gethan, dass man aber hinzusetzen muss: Jetzt kommt es darauf an, den Mechanismus zu erforschen, dessen Uhrwerk durch den betreffenden Richtungsreiz in Gang gesetzt wird. Die Annahme von Tropismen und Taktismen bei der keimesgeschichtlichen Entwickelung wird uns hoffentlich in vielen Fällen zu Entdeckungen führen, die uns sagen, warum ein Organ eine bestimmte Wachstumsrichtung einschlägt. Diese Entdeckungen würden uns aber keine weitere Auskunft über den Wachstumsmechanismus geben. Dass sie das nicht können, geht aus gewissen Beobachtungen hervor, die man an Hydroidpolypen und Pflanzen gemacht hat.

Wenn man eine Tubularia ihrer beiden Körperenden beraubt und den Rumpf frei schwebend im Wasser aufhängt, so bildet sich an jedem Ende ein Tentakelkranz. Wird ein aus einer Antennularia herausgeschnittenes Stück so im Wasser aufgehängt, dass das ursprünglich nach oben gerichtete Ende nach unten sieht, so bilden sich hier wurzelartige Fortsätze, während am oberen Ende polypentragende Zweige entstehen. Wir können hier von einem Reiz sprechen, den die Gravitation direkt oder indirekt auf das regenerierende Gewebe dieser Hydroidpolypen ausübt. Aber zur Bildung von Polypenköpfchen und Stolonen muss ein komplicierter Mechanismus vorhanden sein. Dasselbe gilt von der sich unter einseitiger Beleuchtung vollziehenden verschiedenartigen Ausbildung der Zellen von Thuja-Blättern. Ober- und Unterseite dieser Blätter haben einen sehr verschiedenen Bau; dreht man aber die Blattknospe so um, dass die Ober- zur Unterseite wird und umgekehrt, so nimmt die ursprüngliche Unterseite die Struktur

der Oberseite und diese den Bau jener an. Das Licht wirkt hier in gewissem Sinne als Richtungsreiz; aber die eigenartige Ausbildung der Blattoberfläche setzt einen besonderen Mechanismus voraus. Der muss auch in allen anderen Fällen, wo es sich um Reizfolgen handelt, vorhanden sein. Es giebt nämlich noch viele keimesgeschichtliche Vorgänge, bei welchen zwar keine Richtungs-, wohl aber andere Reize eine Rolle spielen. Zunächst wollen wir die kennen lernen, bei denen es sich um Reaktionen auf Reize handelt, die als diffuse bezeichnet werden können, was im nächsten Abschnitt geschehen soll.

Auf die weitgehende Bedeutung der Richtungsreize für die keimesgeschichtliche Entwickelung haben Herbst und Driesch hingewiesen. Der erstere hat die Thatsachen und die Litteratur der sogenannten Reizphysiologie neuerdings übersichtlich zusammengestellt und auf die ontogenetischen Vorgänge aufmerksam gemacht, bei denen Richtungsreize vermutlich oder wahrscheinlich eine Rolle spielen. Die betreffende umfangreiche Arbeit von Herbst ist im XIV. und XV. Band des „Biologischen Centralblattes“ (Leipzig 1894 und 1895) gedruckt. Driesch lässt Richtungsreize in seiner „Analytischen Theorie der organischen Entwickelung“ (Leipzig 1894) eine Hauptrolle spielen.

Die fingierte unzulässige Bewegungstheorie im Haupttexte dieses Abschnittes ist in enger Anlehnung an die von Verworn in seiner wohl bereits weit verbreiteten „Allgemeinen Physiologie“ (Jena 1895) vorgetragene Theorie konstruiert worden, darf aber nicht mit dieser verwechselt werden. Verworn hat manche Beiträge zur Kenntnis der taktischen Erscheinungen niederer Organismen geliefert, und sein genanntes Werk sowie die citierte Arbeit von Herbst enthalten vieles, was das im vorstehenden und folgenden Abschnitt Vorgetragene zu ergänzen geeignet ist.

5. Die Rolle diffuser Reize.

Will man die Rolle untersuchen, die diffuse Reize, d. h. solche, die mehr oder weniger den ganzen Körper eines Organismus treffen, bei der Formbildung spielen, so muss man die die Formbildung normalerweise auslösenden Reize durch fremde ersetzen. Denn erst dadurch lernt man die Abhängigkeit der Formbildung von Entwickelungsreizen kennen. Einschlägige Experimente liegen in so grosser Anzahl vor, dass wir nur verhältnismässig wenige herausgreifen können.

Sehr beträchtlich ist der Einfluss erhöhter oder verminderter Feuchtigkeit. Wenn man dornige Pflanzen in einer feuchten Atmosphäre kultiviert, so verlieren sie die Dornen. Wasserpflanzen, deren Samen man auf Land sät, oder die man auf trockenen Boden verpflanzt, verändern sich in beträchtlichem Grade.

Eine bekannte Papilionacee, die Hauhechel (Ononis spinosa), hat eine ausserordentlich dornige Varietät, horrida, die auf Meeressand wächst. Auf Rainen und an Wegen ist Ononis spinosa viel weniger dornig, und stellenweise wird sie durch die Varietät immunis vertreten. Diese letztere Form der Unterart repens kann man, zeitweilig wenigstens, dadurch hervorbringen, dass man die Hauhechel entweder in sehr

fettem Boden unter Anwendung vielen Wassers oder in einer feuchten Atmosphäre kultiviert. Dann verlieren die Pflanzen, einerlei ob sie aus Samen oder aus Ablegern gezogen sind, nach und nach ihre Dornen. Die unter den neuen Entwickelungsreizen zuerst entstehenden Dornen sind viel kleiner und weniger steif als gewöhnlich, und an kräftigen Schösslingen, die in feuchter Atmosphäre wachsen, werden später überhaupt keine Dornen mehr gebildet. Indessen erscheinen sie wieder, wenn man dieselben Pflanzen ihren gewöhnlichen Entwickelungsreizen aussetzt. Hand in Hand mit der Unterdrückung der Dornen entwickelt sich der eigentümliche Geruch der Unterart repens, und die Blüten werden grösser und nehmen die Merkmale der Blüten dieser Unterart an. Ähnliches, wie an der Hauhechel, hat man an der Berberitze (Berberis vulgaris) beobachtet. In feuchter Luft kultivierte Pflanzen dieser Art erhalten an den Blättern nicht die üblichen Dornen. Zilla myagroides, eine Wüstenpflanze, die im botanischen Garten von Kairo aus Samen gezogen wurde, erhielt im Gegensatz zu ihrer normalen Form nicht bloss gut entwickelte Blätter, sondern ihre Dornen wurden auch sehr dünn. Ein Gras, Poa bulbosa, verliert, auf feuchtem Boden kultiviert, den knolligen Charakter seiner Wurzeln, den es auf trockenem Boden besitzt. Aus Poa annua, die unter gewöhnlichen Umständen eine einjährige Pflanze ist, wird eine perennierende, wenn man sie unter Anwendung von grosser Feuchtigkeit kultiviert. Im Wasser wachsende Pflanzen des kriechenden Hahnenfusses (Ranunculus repens) tragen kaum irgend welche Haare, während die auf trockenem, kiesigem, unfruchtbarem Boden wachsenden Pflanzen dieser Art stark behaart sind. Eine Rübenwurzel, deren Spitze in eine Wasserröhre hineingeriet, erhielt eine Länge von etwa 2 *m*, verlor aber dabei die übliche Dicke und war oben nur ungefähr 8 *mm* stark. Kultiviert man Knollen von Dioscorea batatas ganz ohne Wasser, so erhalten sie im Gegensatz zu normalen Pflanzen ausserordentlich steife, lange Schösslinge, die den üblichen Heliotropismus nicht zeigen und nicht zu klettern vermögen. Eine Heckenrose (Rosa sepium) wurde infolge einer grossen Dürre so umgebildet, dass sie nicht mehr zu erkennen war. Die Stiele, Blätter und Blüten erreichten nur die halbe frühere Grösse; die Stämme wurden viel stachliger und die Blätter, Kelche und Blumenkronen viel drüsenreicher.

Oft genügt es, Pflanzen neuen klimatischen Reizen auszusetzen, um auffällige Veränderungen der üblichen Form entstehen zu sehen. Dass z. B. starke Behaarung eine direkte Folge von Klimareizen ist, geht aus derartigen Experimenten hervor; denn sobald Pflanzen aus niedrig gelegenen Gegenden in Gebirgsgegenden kultiviert wurden, trat sie sofort auf. Sie verminderte sich dagegen, wenn der umgekehrte Versuch gemacht wurde. Die in hohen Gebirgsgegenden kultivierte

Sonnenblume (Helianthus) bildet nicht ihre üblichen langen Stämme, sondern nur eine Bodenrosette von sehr wolligen Blättern. Schafgarben (Achillea millefolium), Hornklee (Lotus corniculatus) und Gänserich (Potentilla tormentilla) erhalten in solchen Gegenden niederliegende an Stelle von aufrechten Stämmen, ein Charakter, der sich bei manchen Gebirgspflanzen findet. Aus Samen einer Gamanderart, Teucrium scorodonia, der in einer hochgelegenen Gegend der Pyrenäen gesät wurde, entstanden Pflanzen mit sehr kurzen Stämmen, mit Blättern, die dunkler als gewöhnlich waren und mehr Haare hatten, und mit kompakteren Blütenständen, die an der Basis sehr kurze Stengelglieder trugen. Als man dagegen Samen derselben Art, der in einer Höhe von über 1700 *m* gesammelt wurde, in Paris säte, erhielt man nach drei Jahren verlängerte Stämme mit weniger zahlreichen Haaren und mit Blättern von hellerem Grün, während die Stengelglieder länger und zahreicher waren. Pflanzen, die in Gegenden Norwegens von verschiedener geographischer Breite gesät wurden, erhielten lebhafter gefärbte Blüten in den höheren Breiten als in den niederen. Der Unterschied war so gross, dass man kaum glauben mochte, diese Pflanzen wären aus gleichen Samenkörnern gezogen, und die Unterschiede erschienen gleich im ersten Jahre. Es zeigte sich auch, dass Pflanzen aus nördlicheren Gegenden mehr Blüten hatten, als solche, die bei Christiania gewachsen waren.

Ganz abnorme Entwickelungsreize haben nicht selten entsprechende Folgen. Wenn man z. B. Kartoffeln in vollkommener Finsternis kultiviert, so werden ihre Stengel, vorausgesetzt, dass genügend Wärme vorhanden ist, ungewöhnlich lang und weiss und ausserdem blattlos.

Bei Schmetterlingen stellen abnorme Temperaturen, die auf das Puppenstadium einwirken, Entwickelungsreize für abnorme Färbungen dar, woraus folgt, dass normale Temperaturen solche für normale Färbungen sind.

Zieht man Arctia fasciata, einen mitteleuropäischen Schmetterling, unter erhöhter Temperatur, so erhält man einen Falter, der eine Annäherung an die in Algier vorkommende Varietät oberthüri darstellt. Nemeophila plantaginis erhält bei der Zucht in erhöhter Temperatur im männlichen Geschlechte häufig gerötete Hinterflügel, was bei der zweiten Jahresgeneration dieser Art auch im Freien an wärmer gelegenen Flugorten vorkommt. Beim kleinen Fuchs (Vanessa urticae) kann man experimentell durch Einfluss erniedrigter Temperatur eine Annäherung an eine nordamerikanische Species, Vanessa milberti, hervorbringen. Durch hohe Temperatur wird Vanessa urticae in entgegengesetzter Richtung verändert, so dass sie sich der von Korsika und Sardinien bekannten Varietät ichnusa nähert. Das Tagpfauenauge (Vanessa io) wird durch den Einfluss erniedrigter Temperatur sehr merklich umgestaltet, und

zwar so, dass es dem kleinen Fuchs ähnlich wird. Beim grossen Fuchs (Vanessa polychloros) entsteht infolge der Einwirkung hoher Temperatur eine greifbare Annäherung an eine südliche Lokalrasse der Art, durch Einfluss erniedrigter Temperatur dagegen eine solche an Vanessa xantomelas. Vanessa antiopa nähert sich infolge der Einwirkung niederer Temperatur dem Typus von Vanessa polychloros. Hohe Temperaturgrade rufen dagegen nicht nur die Charaktere der südlichsten Formen der Art hervor, die in Mexiko und Guatemala gefunden werden, sondern verändern die Falter so, dass sie über diese Formen noch weit hinausgehen. Der Admiral (Vanessa atalanta) wird infolge hoher Temperatur dem Typus von Vanessa callirhoë ähnlich; wirken dagegen niedere Temperaturen auf die sich entwickelnden Tiere ein, so entsteht eine durchaus neue Form, zu der sich unter den bekannten in der freien Natur vorkommenden Formen der Art keine Parallelen finden. Beim Distelfalter (Vanessa cardui) gelang es, durch hohe Temperaturen Individuen hervorzurufen, wie sie lediglich aus der tropischen und subtropischen Zone bekannt sein dürften. Kälteeinwirkung ergiebt bei diesem Schmetterlinge eine Abweichung, die bei keiner verwandten Art eine Parallele hat.

Hand in Hand mit den Verschiedenheiten der Färbung des Falterkleides gehen in der freien Natur bei Arten, die in verschiedenen Jahreszeiten durch verschieden gefärbte Individuen vertreten sind, auch Verschiedenheiten in der Form des Kleides, und diese Formunterschiede können auch experimentell deutlich hervorgerufen werden. Sie treten stets in Verbindung mit gewissen Färbungscharakteren auf, wie es auch in der freien Natur der Fall ist. Experimentell können Veränderungen der Form auch bei solchen Schmetterlingsarten erzeugt werden, die in der Natur keine oder doch nur geringfügige Verschiedenheiten zeigen. Bei der Kälteform von Vanessa antiopa ist der Flügelrand schärfer ausgeschnitten als bei der Wärmeform, und es ragen an ihm auch an solchen Stellen Spitzen hervor, wo die Wärmeform keine zeigt. Die Randzähne der Flügel sind bei jener ausgeprägter als bei dieser. Die Wärmeform dieses Schmetterlings weicht erheblich von der normalen Form ab.

Alle einschlägigen Experimente mit Schmetterlingen zeigen uns klar, dass das Kleid des Falters ausserordentlich abhängig ist von Temperatureinflüssen, die das Puppenstadium treffen.

Ausser der Temperatur wirkt die Ernährung nicht selten als Entwickelungsreiz, bei Pflanzen sowohl, als auch bei Tieren. Dass der Organismus mitunter von gewissen Stoffen, die durch die Nahrung in den Körper gelangen, förmlich durchdrungen wird, zeigen uns manche Fische, bei denen die Farbe der Muskeln durch die Nahrung beeinflusst wird. Viele Fische, z. B. die Salmoniden, fressen zeitweilig aus-

schliesslich kleine Krebstiere, und der Farbstoff dieser Tiere, der durch Kochen und im Magensafte rot wird, scheint in das Fleisch der Fische überzugehen und ihm die bekannte Lachsfarbe zu geben. Ob dieser Stoff als Entwickelungsreiz wirkt, ist nicht bekannt. Dagegen weiss man solches von anderen Stoffen, insbesondere vom Kochsalz. Wenn man Erbsen (Pisum sativum) mit Salzwasser begiesst, so erhalten sie dickere Blätter, und deren Palissadengewebe wird gleichfalls dicker, während sich die Zwischenzellräume und das Blattgrün vermindern. Chrysanthemum inodorum var. maritimum, eine Wucherblume, die an sandigen Stellen felsiger Meeresküsten wächst, hat fleischige Blätter; sät man aber Samen dieser Pflanze im Binnenland, so erhält man Exemplare von der binnenländischen Form. Ebenso werden die fleischigen Blätter des am Meer wachsenden Crithmum maritimum bei der Kultur im Garten dünn und glatt. Hieracium eriophorum, ein Habichtskraut, das im botanischen Garten zu Bordeaux kultiviert wurde, verlor die Haare, die es am Meeresstrande besass. Auch Schmetterlinge werden mitunter durch Kochsalz beeinflusst. Raupen von Callimorpha dominula, die von ihrem Ausschlüpfen an mit Pflanzen gefüttert wurden, welche in Kochsalzlauge gestanden hatten, erzeugten Schmetterlinge, deren normalerweise rote Hinterflügel einen zwar geringen aber doch konstanten und kenntlichen Stich ins Gelbliche hatten. Formen von Callimorpha dominula und von Callimorpha hera mit gelben Hinterflügeln finden sich konstant oder doch noch am zahlreichsten in nicht allzugrosser Entfernung von der Meeresküste, also in Gegenden, wo die Pflanzen salzhaltiger sind, als im Binnenlande. Sehr bekannt sind die Ergebnisse, die Versuche mit Artemia salina, einem kleinen Krebse salzhaltiger Binnengewässer, geliefert haben. Züchtet man die Tiere Generationen hindurch in immer süsserem Wasser, so nehmen sie die Charaktere der Gattung Branchipus an. Verstärkung des Salzgehaltes wandelt Artemia salina in A. mühlhauseni um.

Die Einflüsse, welche chemische und andere Entwickelungsreize auf den Organismus haben, sind nach allem obigen von weitgehender Bedeutung. Auf Grund allgemeiner Erwägungen, die wir nach allem, was wir gelernt, nicht erst anzustellen brauchen, gilt der Satz: Ohne Entwickelungsreize keine Entwickelung.

Untersuchungen über diffuse Entwickelungsreize sind besonders von Botanikern angestellt worden. Henslow („The Origin of Plant Structures", London 1895) hat kürzlich eine grössere Anzahl der betreffenden Untersuchungsergebnisse zusammengestellt, die zum Teil von uns benutzt worden sind.

Von zoologischer Seite liegen Ergebnisse einschlägiger Experimente nur in geringer Anzahl vor. Lange bekannt sind schon die von Dorfmeister und später von Weismann an Schmetterlingen angestellten. Der letztere hat kürzlich „Neue Versuche zum Saison-Dimorphismus der Schmetterlinge" (Jena 1895) publiciert. Die ausgedehntesten Experimente über die Modifikation dieser Tiere sind aber von

Standfuss angestellt und in einem umfangreichen Werke, „Handbuch der paläarktischen Gross-Schmetterlinge“ (2. Aufl., Jena 1896) publiciert worden, das auch „Studien zur Descendenztheorie“ enthält und als „Handbuch für Forscher und Sammler“ Anleitung zur Schmetterlingszucht giebt, auch zur Hervorrufung von Aberrationen, von denen es viele buntfarbig abbildet. Die im Haupttexte dieses Abschnittes mitgeteilten einschlägigen Thatsachen sind ihm entnommen.

Die Experimente mit Artemia sind zu grosser Berühmtheit gelangt; sie wurden von Schmankewitsch angestellt und 1875 in der „Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie“ publiciert („Über das Verhältnis der Artemia salina [Miln. Edw.] zur A. Mühlhausenii [Schaef.] und dem Genus Branchipus,“ l. c. Bd. XXV.)

6. Die Reiznachwirkung.

Den Begriff der Reiznachwirkung gewinnen wir am besten an einem Beispiel: Unorganische und organische Bewegungsprocesse auf unserm Planeten sind zum grossen Teil von der Sonne abhängig. Sie spielt eine bedeutende Rolle bei den Bewegungen des Wassers und der Luft; und in wie hohem Grade das tägliche und jährliche Leben der Tiere und Pflanzen an sie gebunden ist, ist allgemein bekannt. Als hervorragendste Energiequelle ruft die Sonne zahllose physikalische und chemische Processe auf der Erde hervor, die ohne sie ausbleiben würden. Gesetzt nun, sie hörte plötzlich auf zu existieren, würden dann ebenso plötzlich und in demselben Moment die von ihr auf der Erde hervorgerufenen Processe zum Stillstand kommen? Diese Frage stellen heisst sie verneinen. Nach dem Gesetz der Trägheit müsste es noch eine Weile dauern, ehe Ruhe auf der Erdoberfläche eintreten würde.

Vergleichen wir den Organismus mit der Erde und die auf ihn einwirkende Energie mit derjenigen, welche die Erde von der Sonne erhält, so wird uns der Begriff der Reiznachwirkung klar werden. Der Organismus lässt sich gleich der Erde als eine zur Selbstregulirung ihres Ganges befähigte komplicierte Maschine auffassen, die von aussen mit Energie gespeist wird und häufig ihren Gang und ihre Konstruktion infolge der auf sie einwirkenden Reize der Umgebung ändert, wie wir es zur Genüge erfahren haben. Und wegen seiner grossen Komplikation, wegen der weitgehenden Abhängigkeit seiner Teile voneinander, können weder die im Gefolge einer Reizwirkung aufgetretenen physiologischen noch die in letzter Linie auf diesen Reiz zurückzuführenden entwickelungsmechanischen Processe in demselben Momente zum Stillstande kommen, in welchem der betreffende Reiz aufhört. Sofern es sich um die entwickelungsmechanischen Processe handelt, um die durch jenen Reiz ausgelöste Reihe von Formungsprocessen, müsste sich das geltend machen, was man Reiznachwirkung nennt.

Über die Zeitdauer der Reiznachwirkung lässt sich im allgemeinen nichts aussagen. Dass sie existiert, geht nicht nur aus der oben angestellten Überlegung, sondern auch aus einer Reihe von Experimenten

hervor, die zwar meistens physiologische Processe betreffen, aber auch in diesem Falle einen Schluss auf das Vorhandensein von dem Gebiet der Entwickelungsmechanik angehörigen Reiznachwirkungen gestatten würden, wenn keine einschlägigen entwickelungsmechanischen Versuche vorlägen. Solche giebt es aber auch. Bringt man einen senkrecht wachsenden Pflanzentrieb in horizontale Lage, so richtet sich seine Spitze vermöge ihres negativen Geotropismus in die Höhe, aber nicht sofort, sondern erst nach einiger Zeit. Stellt man nun vor Sichtbarwerden der geotropischen Wirkung die vertikale Richtung des Triebes wieder her, so biegt sich, vorausgesetzt, dass er genügend lange in wagerechter Lage verweilt hat, seine Spitze gleichwohl um, obwohl es nicht mehr gilt, die senkrechte Stellung wiederzugewinnen, die im Gegenteil durch diese Krümmung verlassen wird. Hier haben wir eine Nachwirkung des geotropischen Reizes, und zwar eine entwickelungsmechanische, denn nur wachsende Pflanzenorgane folgen geotropischen Reizen.

Für die Beurteilung der entwickelungsmechanischen Processe ist die Thatsache der Reiznachwirkung deshalb von Bedeutung, weil jeder Formungsreiz, der einen sich entwickelnden Organismus trifft, sozusagen mit den Nachwirkungen früherer Reize zu rechnen hat, sie nicht ohne weiteres aufheben kann, sondern einen Kompromiss mit ihnen schliessen muss: Der fertige Organismus ist die Resultierende nicht nur gleichzeitig, sondern auch nacheinander auf seine Entwickelungsstadien einwirkender Kräfte.

Über die Reiznachwirkung sind Untersuchungen namentlich seitens der Pflanzenphysiologen angestellt worden. Die im Haupttext dieses Abschnittes mitgeteilte entwickelungsmechanische Thatsache verdanken wir Detmer. Andere Fakta sind von ebenso hervorragender Bedeutung, weil sie zeigen, dass periodisch wirkende Reize die durch den Organismus dargestellte Maschine so verändern, dass auch ihr Gang ein periodischer wird, der bis zu einem gewissen Grade unabhängig von der Wiederholung jener Reize ist.

Fünftes Hauptstück.

Von den Formenwandlungen.

1. Der Formenwechsel.

Wir haben gesehen, dass diffuse Reize oft einen bedeutenden Einfluss auf die Form des Organismus haben und dadurch zu Bildungsreizen werden. Wechseln verschiedenartige oder verschiedengradige Reize periodisch miteinander ab, so können sie einen periodischen Formenwechsel hervorrufen, der sich entweder an einem und demselben Organismus vollzieht oder die genetisch miteinander verbundenen Glieder einer Stammesreihe betrifft. Eine regelmässige Periodicität gewisser Bildungsreize bringt der Wechsel der Jahreszeiten mit sich. Dadurch kommen bei manchen Organismenarten Jahreszeitenformen zustande, deren Kenntnis von grosser Bedeutung für die Entwickelungsmechanik ist, weil sie uns zeigt, dass aus einem und demselben Bildungsmaterial unter verschiedenen Bedingungen verschiedene Bildungen entstehen.

Wir eröffnen die Reihe der von uns beizubringenden Beispiele mit dem des Kernbeissers (Coccothraustes coccothraustes), eines europäischen Vogels, der deshalb Beachtung verdient, weil der Formenwechsel bei ihm durch ganz geringfügige Veränderungen zustande kommt. Der Schnabel des Kernbeissers ist nämlich im Frühjahr grau-, stellenweise schwarzblau, wird aber gegen den Herbst hin horngelb bis fleischfarben, um sich erst im nächsten Frühjahr wieder blau zu färben. Offenbar handelt es sich bei dem Processe der Blaufärbung um Ablagerung wahrscheinlich schwarzen Pigmentes in oder unter der Hornbedeckung des Schnabels, das später entweder wieder forttransportiert oder, falls es in der hörneren Schnabelscheide liegt, die sich fortwährend abnutzt und gleichzeitig von dem sie erzeugenden Gewebe neugebildet wird, mit der Abnutzung der Hornmasse allmählich verschwindet. Der auslösende Reiz der Pigmentablagerung muss in letzter Linie wohl auf die mit den Jahreszeiten wechselnden Temperatureinflüsse zurückgeführt werden. Diese werden den Organismus des Kernbeissers so beein-

flussen, dass er bald mehr, bald weniger Pigment produciert. Dadurch wird die Form dieses Organismus im Frühjahr eine etwas andere als im Herbst, obwohl immer derselbe Organismus, also dasselbe Bildungsmaterial, vorliegt.

Ähnliches wie vom Kernbeisser gilt von manchen Fischen. Die männlichen Fische vieler Arten sind bunter und lebhafter gefärbt als die Weibchen, aber ihre Farbe ist nur in verhältnismässig wenigen Fällen beständig. In der Regel wird das sogenannte Prachtkleid nur kurz vor und während der Fortpflanzungszeit getragen, nachher aber wieder abgelegt. Auch bei diesem Formenwechsel werden periodische Pigmentablagerungen die Hauptrolle spielen. Möglich, dass sie von Einflüssen, die vom Hoden ausgehen, ausgelöst werden. Aber dann ist dieser in seinem Verhalten an die Jahreszeiten gebunden.

Hatten wir es bei dem Kernbeisser und bei den in Frage kommenden Fischen mit einem verhältnismässig geringfügigen periodischen Formenwechsel zu thun, so ist dieser schon bedeutender, wo Strukturänderungen vorliegen, die nicht bloss an der Färbung kenntlich sind. Bei manchen karpfenartigen Fischen (Cyprinoiden) ist die Haut des Männchens, besonders die am Kopfe, aber zuweilen auch die des ganzen Körpers und der Flossen, zur Zeit der Fortpflanzung mit eigentümlichen warzenartigen Knötchen bedeckt. Noch bedeutender sind die periodischen Umwandlungen, denen der Körper mancher Amphibien ausgesetzt ist, wofür der Kammmolch (Molge cristata), der während der Brunstzeit mit einem hohen, gezackten, später wieder schwindenden Kamm versehen ist, ein bekanntes Beispiel bietet. Der Molchkamm und die Wärzchen der Cyprinoiden werden wieder resorbiert, wieder in die Körpermasse aufgesogen; diese ist also befähigt, in verschiedenen Jahreszeiten verschiedene Formen anzunehmen.

Bei den verschiedenen Jahreskleidformen, die wir von manchen Vogelarten kennen, könnte man annehmen wollen, dass sich jede Feder aus einem besondern Keimchenkomplex bildet, und dass die nach den Jahreszeiten verschiedenen Federformen aus verschieden gebauten Keimchen hervorgehen. Denn die Federn, die sich in verschiedenen Jahreszeiten nicht immer bloss durch besondere Färbung, sondern oft auch durch besondere Grösse und äussere Form auszeichnen, werden bei der Mauser ausgestossen und müssen neu wachsen. Dann müsste man aber wohl auch annehmen, dass auch Männchen und Weibchen einer Vogelart, falls sie verschieden sind, verschiedene Federkeimchen haben. Hält man aber einen männlichen Hänfling (Acanthis cannabina) im Käfig, so bekommt er nicht die rote Färbung auf dem Schnabel und an den Brustseiten, durch die sich das Männchen dieser Vogelart auszeichnet. Er wird dann dem Weibchen ähnlich, obwohl er seine Zeugungsfähigkeit nicht einbüsst.

Dass es bei Tieren mit verschiedenen Jahreszeitenformen immer ein und dasselbe Baumaterial ist, das je nach den darauf einwirkenden periodischen Reizen das eine Mal diese und das andere Mal jene Form liefert, geht auch aus Versuchen hervor, die mit dem Wiesel (Putorius vulgaris) angestellt worden sind. Bekanntlich wird dieser kleine Marder im Winter stark weissgescheckt. Hält man ihn aber gefangen und sehr warm, so tritt die Umfärbung nicht ein, wenigstens nicht immer. Sie bleibt auch in südlichen Gegenden mit milden Wintern aus.

Übrigens scheinen die Organismen oft nachhaltig durch den Jahreszeitenwechsel beeinflusst worden sein zu. So behalten Laubbäume gemässigter Gegenden, die in tropische oder subtropische Gebiete versetzt wurden, den jahreszeitlichen Laubwechsel, der sie vor den Laubbäumen der wärmeren Länder auszeichnet, durchweg bei. Er ist zu einer konstitutionellen Einrichtung geworden, zu deren Aufrechterhaltung auch die schwachen jahreszeitlichen Reizwirkungen der Tropen genügen. Indessen können Laubbäume aus gemässigtem Klima auch zu immergrünen Bäumen werden, wie es bei den Kirschbäumen in Ceylon geschehen ist. Dieser letztere Umstand ist von Wichtigkeit. Die ceyloner Kirschbäume zeigen zwar keine wesentlich anderen Formen als die europäischen, aber ihre Konstitution ist geändert, denn der Laubwechsel der Bäume gemässigter Gegenden ist, wie wir soeben gesehen haben, konstitutionell begründet, er erfolgt auf eine besondere, wenn auch nicht sichtbare Struktur hin. Diese ist infolge der Versetzung in eine Gegend mit anderen Jahreszeitenreizen verändert worden. Nun bestanden aber die nach Ceylon gebrachten Vorfahren der dortigen Kirschbäume, welch letztere wahrscheinlich durch Stecklinge und Pfropfreiser vermehrt werden, sicher aus keinem andern Material als dem, das für alle Kirschbäume der gemässigten Länder typisch ist. Aus diesem Material ist demnach in Ceylon unter dem Einflusse anderer Jahreszeitenreize ein konstitutionell, d. h. strukturell, etwas von dem der Kirschbäume gemässigter Gegenden verschiedenes geworden. Die neuen Bedingungen haben hier eine neue Struktur ausgelöst, wie sie es auch bei den Jahreszeitenformen thun müssen, nur dass hier infolge regelmässiger Periodicität die eine Struktur immer mit der andern abwechselt, wodurch eine dauernde Umbildung der Konstitution verhindert wird. Was ausserdem in diesem und im Falle der ceyloner Kirschbäume von Bedeutung für die Entwickelungsmechanik ist, ist der Umstand, dass ein und dasselbe Bildungsmaterial unter verschiedenen Bedingungen verschiedene Formen annimmt, ganz ebenso, wie es auch der kohlensaure Kalk und andere chemische Stoffe thun.

Nach allem vorhergegangenen können wir nicht daran zweifeln, dass auch alle Blätter derjenigen Bäume, welche in verschiedenen Jahreszeiten verschiedene Blattformen producieren, aus einem und dem-

selben Material entstehen, und dass die hier in Frage kommende Verschiedenheit eine Folge verschiedener jahreszeitlicher Entwickelungsreize ist. Periodisch wechselnde Blattformen zeigt uns z. B. die Silberpappel (Populus alba), die einen streng geordneten Triebwechsel aufweist. An den im Frühjahr entstehenden Kurztrieben befinden sich stets kleine eiförmige, am Rande schweifig gezähnte Blätter, die anfänglich auf der Rückenseite weissfilzig sind, später aber nach und nach kahl werden. Die Sommerschösslinge der Silberpappel haben dagegen grössere gelappte Blätter, die dick, nahezu ledrig, an der Unterseite weissfilzig sind und nicht kahl werden. Diese Schösslinge, die aus den endständigen Sprossen hervorgehen, bringen im nächsten Frühjahr wieder seitlich die kurzen Triebe mit kleinen eiförmigen Blättern hervor. Sie wachsen dagegen im Sommer wiederum zu jenen langen kräftigen Schösslingen mit grossen gelappten Blättern aus. Beim roten Ahorn (Acer rubrum) sind die fünflappigen Blätter an den kurzen Trieben des Frühjahrs mit dreilappigen vermischt. An diesen letzteren sind die Hauptnerven am Grunde einander genähert und die Seitenlappen mehr nach vorn gerichtet. Dagegen tragen die am Ende der längeren Zweige im Juni und Juli entstehenden Sommersprosse fünflappige, tiefer eingeschnittene Blätter mit gespreizten Hauptnerven, verlängertem mittleren Lappen und schärferer, weniger gleichmässiger Randzahnung.

Wir können bei den genannten Pflanzen von einem Saisondimorphismus, einer jahreszeitlichen Doppelförmigkeit der Blätter, sprechen. Die Blätter eines Baumes sind nun bis zu einem gewissen Grade Individuen. Sie entstehen aus den neuen Trieben des sich durch Wachstum vergrössernden, ihnen allen gemeinsamen verästelten und verzweigten Baumes. Ihrem gemeinsamen Mutterboden lässt sich das Keimmaterial auch solcher Organismen, die nicht gleich den Bäumen Stöcke bilden, vergleichen, und zwar in sehr strenger Weise. Der gemeinsame Mutterboden der beblätterten jungen Triebe des Baumes ist nicht etwa dessen Stamm mit seinen Ästen und Zweigen, sondern der Inhalt der Zellen in den unentwickelten Knospen. Jede Knospe besitzt eine sogenannte Scheitelregion, einen ihre Spitze einnehmenden Komplex von Zellen, den man wegen des noch unbestimmten Charakters seiner Zellen das Urmeristem nennt. Die Scheitelregionen aller Knospen eines Baumes, die wir auch Bildungskegel nennen können, stammen von einem einzigen Bildungskegel, dem an der Spitze der Keimpflanze des betreffenden Baumes gelegenen, ab. Mit dem unausgeprägten Bildungsmaterial dieser Scheitelregion der Keimpflanze hängt das unausgeprägte Bildungsmaterial der Scheitelregionen aller Knospen des Baumes genetisch zusammen, und zwar in der Weise, dass Urmeristemzellen immer nur von Urmeristemzellen abstammen. Das durch Wachs-

tum vermehrte Bildungsmaterial der Scheitelregion der Keimpflanze hat sich auf die Scheitelregion der Knospen verteilt. Die in den Knospen reservierten verschiedenen Bildungsmaterialpartieen hängen also nicht mehr direkt zusammen, sondern werden nur indirekt durch die in Sprosse einmündenden Knospen, durch die in Zweige einmündenden Sprosse, durch die in Äste einmündenden Zweige und durch die in den gemeinsamen Stamm einmündenden Äste verbunden. Der Stamm mit seinen Verästelungen und Verzweigungen bezeichnet sichtbar die Wege, die das Bildungsmaterial eingeschlagen hat. Und nur durch dieses Sichtbarbleiben der Wege unterscheidet sich die Bildungsmaterialverteilung des aus zahlreichen Generationen von Sprossen zusammengesetzten Baumes von dem idealen Stammbaum des Keimmateriales nicht stockbildender Organismen, die von einem einzigen Vorfahren abstammen. Denn bei allen Organismen findet, wie wir früher gesehen haben, eine Reservierung des Bildungsstoffes für kommende Generationen statt. Unausgeprägtes Bildungsmaterial wird von jedem elterlichen Organismus auf seine Nachkommen übertragen, und zwar, gerade wie beim Baume, in der Weise, dass unausgeprägtes Bildungsmaterial immer nur von unausgeprägtem Bildungsmaterial abstammt. Der Vergleich der Blätter eines Baumes mit den von gemeinsamen Vorfahren abstammenden Individuen einer nicht stockbildenden Organismenart lässt sich also in der That in strengster Weise durchführen. Und diesen Vergleich haben wir angestellt, um zu zeigen, dass der Saisondimorphismus nicht stockbildender Organismen im Grunde genommen nicht verschieden von dem an den Blättern des Rotahorns und der Silberpappel beobachteten ist. Hier wie dort trifft eines und dasselbe Bildungsmaterial periodisch wechselnde Entwickelungsbedingungen an. Deshalb zeigt sich in beiden Fällen ein periodischer Formenwechsel.

Dass es sich beim Saisondimorphismus nicht stockbildender Organismen nur um die verschiedene Ausbildung derselben Keimsubstanzen je nach der Verschiedenartigkeit der äusseren Bedingungen handelt, geht namentlich aus dem Saisondimorphismus der Schmetterlinge hervor. Viele Untersuchungen haben nämlich ergeben, dass es erst das Puppenstadium ist, auf welchem darüber entschieden wird, welche Form aus einem Schmetterlinge werden soll. Das gilt wenigstens für eine Anzahl von Schmetterlingen, die in Mitteleuropa leben. Bei diesen Arten entsteht in der wärmeren Jahreszeit eine andere Falterform als in der kälteren. Am bekanntesten ist das Beispiel von Vanessa levana, einer im Frühling ausschlüpfenden Falterform, die eine sich im Sommer entwickelnde erheblich von ihr abweichende zweite Generation, Vanessa prorsa, erzeugt. Bei den meisten Schmetterlingen, die in einem Jahr zwei Generationen haben, ist die der wärmeren Jahreszeit grösser und

meist auch heller als die der kälteren. Es kann aber auch umgekehrt sein. Die Färbung der Kälteform der Vanessa levana ist wenigstens sehr viel lichter als die der im Sommer erscheinenden Wärmeform prorsa. Nach allem, was man über den Saisondimorphismus der Schmetterlinge und die darauf bezüglichen Versuche weiss, kann es nicht bezweifelt werden, dass den verschiedenen Jahreszeitenformen der Schmetterlinge überall dasselbe Bildungsmaterial zu Grunde liegt, und dass die specielle Entwickelung dieser oder jener Form nur davon abhängt, dass der Puppe zu einer gewissen Zeit der keimesgeschichtlichen Entwickelung eine grössere oder geringere Menge von Wärme zugeführt wird.

An den Saisondimorphismus der Schmetterlinge reihen sich gewisse Fälle des sogenannten Generationswechsels, nämlich die, in denen der Generationswechsel an die Jahreszeiten gebunden ist. Von Generationswechsel spricht man dann, wenn eine keimesgeschichtliche Entwickelungsreihe zwei oder mehr Individuen in der Weise umfasst, dass eine auf geschlechtlichem Wege, also durch Befruchtung einer Eizelle durch eine Samenzelle erzeugte Generation, auf ungeschlechtlichem Wege eine neue von der ersten in ihrem Bau abweichende Generation hervorbringt. Dass es sich hierbei aber nur um die Befähigung eines Tieres handelt, sich im Jugend- also im unentwickelten und deshalb in einem vom definitiven abweichenden Stadium, auf ungeschlechtlichem Wege fortzupflanzen, geht aus Untersuchungen über den an den Wechsel der Jahreszeiten gebundenen Generationswechsel der Ohrenqualle (Aurelia aurita) unserer Nord- und Ostsee hervor. Aus den Eiern dieser Qualle entstehen im Herbste nicht wieder Quallen, sondern sogenannte Scyphi- oder Scyphostomen oder Becherpolypen, Tiere, die einerseits an unsern Süsswasserpolypen (Hydra), anderseits an die Polypen der Korallenstöcke und an die Aktinien oder Seerosen erinnern. Ein Becherpolyp (S. 236, Fig. 128) lässt sich, wie seine Name sagt, ganz gut mit einem Becher oder Pokal, der mit einem Fuss versehen ist, vergleichen, insbesondere mit einem durch einen pyramidenförmigen Deckel geschlossenen Trinkgefäss; nur muss man sich anstatt der Spitze der Deckelpyramide eine Öffnung denken. Diese stellt den Mund des Polypen dar, und die viereckige Pyramide wird als Rüssel bezeichnet. An dem Rande des Bechers, also dort, wo diesem der Rüssel aufsitzt, steht ein Kranz von Tentakeln oder Fangarmen. Zuerst sind 4, dann 8, endlich 16 solcher fadenförmiger Fangarme, mit deren Hilfe der Becherpolyp Nahrung erbeutet und dem Munde zuführt, vorhanden. Aus dem Becherpolypen entsteht durch unvollständige Querteilungen ein an einen Fichtenzapfen erinnerndes Gebilde, die Strobila, die man auch mit einem Satze kleiner Schüsselchen vergleichen kann, von denen das der Mundöffnung des Becherpolypen zunächst gelegene

noch den Tentakelkranz des letzteren, das am weitesten von ihr entfernte aber den Stiel oder Fuss des ursprünglichen Becherpolypen trägt. (Vergleiche die Figur 133, die aber eine etwas abnorme Strobila darstellt.) Die weitere Entwickelung der Strobila führt nun dazu, dass sich diese Schüsselchen nach und nach ablösen. Zuerst fängt das oberste an durch abwechselndes taktmässiges Sichzusammenziehen und -Wiederausdehnen Schwimmbewegungen auszuführen, in deren Folge es sich schliesslich losreisst, um nunmehr als junge Qualle, als Ephyra oder Ephyrula, wie man sie genannt hat, ein selbständiges Dasein zu führen und sich lebhaft schwimmend im Wasser herum zu bewegen. Diese erste vom Becherpolypen abgelöste Ephyrula steht, weil sie noch den Tentakelkranz des letzteren trägt, in ihrer Form dem Polypen, von dem sie eigentlich nur das abgeschnürte Mundende darstellt, noch sehr nahe. Indessen gilt dies auch von den übrigen, die sich von Zeit zu Zeit von dem Rest der Strobila trennen; denn auch sie lassen sich auf die Form des Polypen zurückführen. Der Bau der Ephyrula (Fig. 129) ist der folgende: Der scheibenförmige Körper trägt am Rande 8 Paar, also im ganzen 16, Lappen, die bei der ersten zur Abschnürung gelangenden Ephyrula in den Zwischenräumen zwischen den auf sie übergegangenen 16 Tentakeln des Becherpolypen herauswachsen. Zwischen je zwei Lappenpaaren sprossen später Tentakeln hervor, zuerst einer, dann mehrere. Diese werden zu den Randfäden der definitiven Qualle, die sich durch Umgestaltung der Ephyrula aus dieser entwickelt. In der Bucht, die sich zwischen den beiden Lappen eines jeden Lappenpaares befindet, sieht man einen sogenannten Sinneskolben, in welchem je ein Seh- und ein Hörorgan miteinander vereinigt sind. Es sind also an der Ephyrula im ganzen 8 solcher Sinneskolben vorhanden, und auch die ausgewachsene Qualle hat deren nicht mehr. Der vierkantige Rüssel und der viereckige Mund der Ephyrula sind anfänglich ganz so beschaffen wie die betreffenden Teile des Becherpolypen; Rüssel und Mund wenigstens der ersten abgelösten Ephyrula gehörten ja dem Becherpolypen an. Wie bei diesem führt der Mund der Ephyrula durch den Rüssel in den Magen, in welchem anfänglich vier in gleichen Abständen voneinander verteilte Fäden, sogenannte Gastralfilamente oder Magententakeln, deren Anzahl sich später allerdings vermehrt, zu sehen sind. Diese Filamente sind aus vier Wülsten entstanden, die im Magen des Becherpolypen, an dessen Wand, in gleichen Abständen voneinander der Länge nach verlaufen. Aus der Ephyrula entsteht die definitive Meduse teils durch Wachstum, teils durch Vermehrung und teilweise Umgestaltung der Organe. Die ausgewachsene Meduse trägt um den Mund herum vier sogenannte Mundarme, die dadurch entstehen, dass die vier Ecken des Ephyrulamundes zu mächtigen Lappen, eben den Mundarmen, auswachsen. Während

dieses geschieht, vermehrt sich die Anzahl der zwischen den Randlappen befindlichen Tentakeln in sehr beträchtlichem Grade, eine Ver-

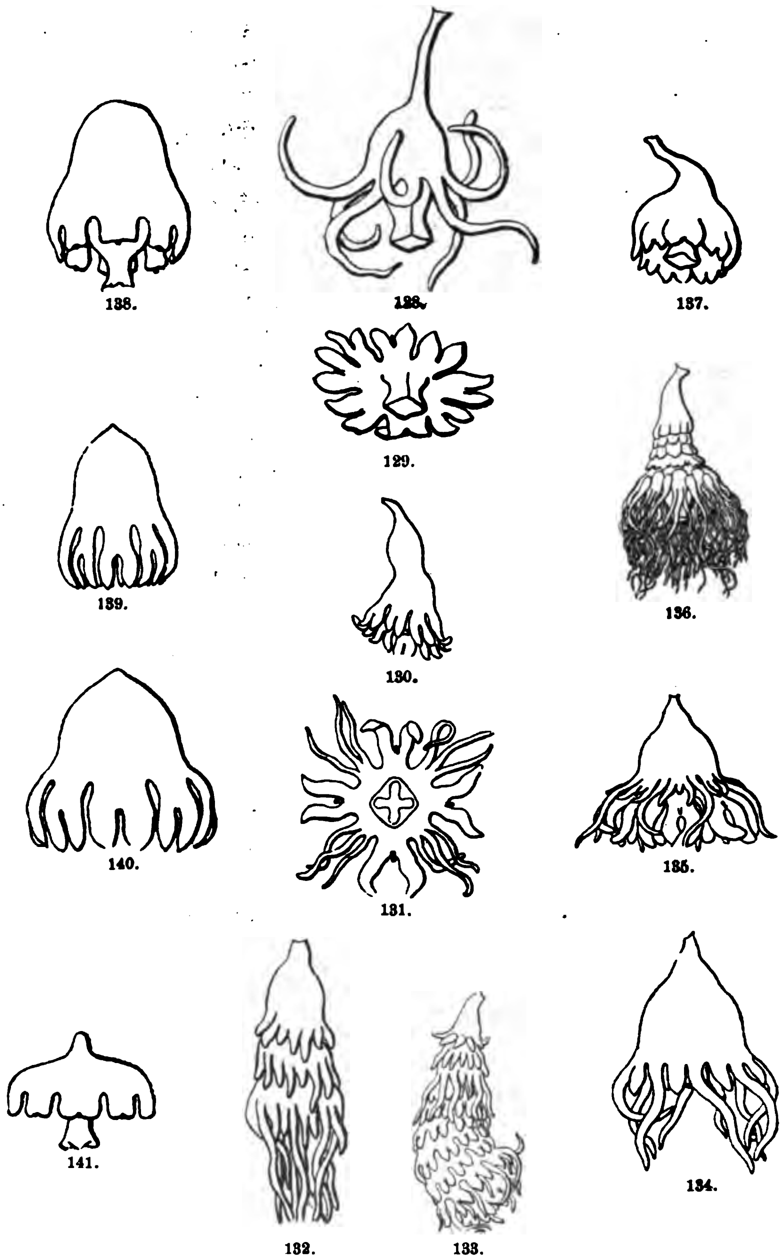


Fig. 128—141. Entwickelungsformen der Ohrenqualle (Aurelia aurita, frei nach Haeckel).

mehrung, die mit einem starken Wachstum der betreffenden Randpartie Hand in Hand geht. Hierdurch werden die 8 Randlappenpaare der

ursprünglichen Ephyrula weit auseinander gedrängt, so dass sie schliesslich nur noch mit Mühe wahrgenommen werden können. Jedes Randlappenpaar der Ephyrula stellt zuletzt die beiden sogenannten Ocularläppchen der ausgewachsenen Qualle dar, zwischen denen der zugehörige Sinneskolben steht. Von dem Magen der ausgewachsenen Qualle, in welchem sich die Eierstöcke, bezw. die Hoden, entwickeln, gehen eine Anzahl von Kanälen bis nahezu an den Rand des Quallenschirmes, der aus dem Ephyrulaschüsselchen entstanden ist. Aus dieser Schilderung erhellt, dass die Qualle eigentlich nichts weiter ist, als das abgetrennte und zwar stark gewachsene, aber doch nur in mässigem Grade umgestaltete ursprüngliche oder regenerierte Mundende des Becherpolypen.

Wenn man sich zahlreiche Becherpolypen verschafft und sie und die aus ihnen im Aquarium entstehenden Strobilen und Ephyrulen vergleichend untersucht, so wird man nicht selten eigentümliche Abweichungen in der Form der Becherpolypen und Strobilen sowohl, als auch in der der Ephyrulen beobachten. Solche Beobachtungen werden nun, wie es scheint, am häufigsten an solcher Quallenbrut gemacht, die man sich im Herbst oder Winter von der See nach dem Binnenlande hat schicken lassen und hier in geheiztem Zimmer in einem Aquarium untergebracht hat. Es scheint, dass die Erschütterungen, welche die Tiere auf dem langen Eisenbahntransport erleiden, sowie der Umstand, dass sie aus dem kalten Seewasser in das warme Binnenlandaquarium versetzt werden, die auslösenden Reize für das Zustandekommen der nunmehr zu schildernden bemerkenswerten Abnormitäten darstellen.

Zahlreich sind zunächst die Abweichungen von der normalen Grundzahl der Teile, auf die wir indessen nicht näher eingehen wollen. Für uns sind hier die anderen Besonderheiten von Wichtigkeit, die man an den abnormen Individuen beobachtet. In erster Reihe sind unter diesen solche Formen hervorzuheben, die zwischem dem Becherpolypen und der Ephyrula in der Mitte stehen: An einem Ende Polyp, an dem anderen Qualle (Fig. 130). Das Mundrohr eines solchen Individuums ist nicht von einem Tentakelkranz, sondern von dem Kranze von 8 Randlappenpaaren umgeben, der die Ephyrula auszeichnet. Dieser Randlappenkranz sitzt aber nicht an dem scheibenförmigen Körper einer Qualle, sondern an dem becherförmigen Körper eines Polypen, weshalb man diese sonderbare Form Ephyrula sphinx genannt hat. Eine andere Zwischenform zwischen Polyp und Qualle (Fig. 131) wird durch Individuen gebildet, bei denen 4 Paar Ephyrula-Randlappen und 4 Gruppen von je 3 Polypententakeln so miteinander abwechseln, dass jedes Randlappenpaar zwischen je zwei Tentakelgruppen steht und umgekehrt. An die Stelle von 4 Paaren normaler Randlappen sind also hier 4 Gruppen von Polypententakeln getreten, und da so-

wohl jede dieser Tentakelgruppen als auch jeder aus einem Randlappenpaar nebst dem zu ihm gehörigen Sinneskolben bestehende Organkomplex je 3 Stücke zählt, so ergiebt sich, dass bei unserer Ephyrula vier der acht Komplexe von Lappen und Sinneskolben der normalen Ephyrula in Tentakeln umgewandelt worden sind, was den Schluss rechtfertigt, dass die Ephyrula ein Polyp ist, dessen Tentakeln sich in Randlappen und Sinneskolben umgebildet haben. Dieser Schluss wird durch Strobilen bestätigt, bei denen sämtliche Randlappen der Ephyrulascheiben, aus denen sie zusammengesetzt sind, in Tentakeln umgewandelt zu sein scheinen (Fig. 132). Auch die Ephyrula sphinx fordert ihn, da sie an Stelle des Kranzes von 16 Polypententakeln einen Kranz von 16 Randlappen trägt. Ausserdem findet man Strobilen, bei denen die dem Mundende nahe stehenden Scheiben zwar normal sind, die übrigen aber anstatt der Randlappen Tentakeln tragen (Fig. 133). Ferner giebt es ihrer Form nach zwischen Ephyrula und Becherpolyp in der Mitte stehende Tiere, bei welchen je ein Randlappen (kein Randlappenpaar!) mit je einem Tentakel abwechselt (Fig. 134), weiterhin gleichfalls ihrer Form nach zwischen Polyp und Ephyrula in der Mitte stehende Individuen, die am Mundende zwar eine normale Ephyrulascheibe tragen, bei denen der übrige Körper aber durch eine zwischen Ephyrula und Polyp in der Mitte stehende Form dargestellt wird, bei der 8 Gruppen von je 3 Tentakeln mit 8 einzelnen Tentakeln abwechseln (Fig. 135); jede Tentakelgruppe entspricht hier einem Ephyrulalappenpaare nebst seinem Sinneskolben. Bei andern Stücken findet sich eine derartige Abwechselung von 8 aus je 3 Tentakeln bestehenden Tentakelgruppen mit 8 einzelnen Tentakeln schon an der sich zuerst ablösenden obersten Ephyrulascheibe (Fig. 136). Die mittleren Tentakeln jeder Gruppe sind pigmentiert, was den Schluss nahe legt, dass die Tentakeln umgebildete Sinneskolben, die ja gleichfalls pigmentierte Sehorgane tragen, darstellen. Indessen ist dieser Schluss bereits durch die übrigen von uns geschilderten Befunde zur Genüge gerechtfertigt, um so mehr, als zwischen der Ephyrula sphinx und der normalen Ephyrula eine Reihe von gleitenden Übergängen besteht (Fig. 137—141). Unabweisbar wird er aber durch die Fälle, in welchen sich direkt aus dem Ei der Meduse eine Ephyrula bildet, ohne dass es überhaupt erst zu der Entstehung eines Polypen kommt. Diese direkte Entwickelung der Ephyrula aus dem Ei kann gelegentlich in Aquarien beobachtet werden. Indessen kommt sie auch ab und zu im Meere vor, nämlich dann, wenn die alten Medusen, anstatt, wie es gewöhnlich geschieht, im Herbst oder im Anfang des Winters zu sterben, einmal ausnahmsweise überwintern und dann nicht, wie es bei nicht überwinterten üblich, erst im nächsten Herbst, sondern schon im Frühjahr wieder Keimzellen producieren, aus denen Medusenbrut ent-

steht. Wenigstens ist ein Fall beobachtet worden, in welchem eine überwinterte und an einem warmen Frühlingstage im Kieler Hafen gefangene Ohrenqualle zahlreiche junge Tiere an ihren Mundarmen trug, die sich bei näherer Besichtigung als ganz kleine Ephyrulen oder wenigstens als Larven, die in direkter Umbildung zur Ephyrula begriffen waren, erwiesen.

Das Ei der Ohrenqualle kann sich also je nach den Umständen entweder zu einem Polypen oder direkt zu einer jungen Qualle entwickeln, und zwar geht in der kalten Herbstzeit ein Polyp, in der warmen Frühjahrszeit aber, oder im warmen Aquarium, wie es auf Grund der mitgeteilten Befunde der Fall zu sein scheint, direkt eine Meduse aus ihm hervor, wenn auch vielleicht nicht regelmässig, so doch unter besonderen Umständen, unter denen die Temperatur eine hervorragende Rolle zu spielen scheint. Zusammengehalten mit jener Thatsache, dass man in der Meduse nicht gut etwas anderes erblicken kann, als einen umgewandelten Becherpolypen, bestätigt diese unser früheres Ergebnis, dass es äussere Reize sind, die beim Formenwechsel entweder die eine oder die andere Gestalt zustande kommen lassen, dass die dabei in Betracht kommenden verschiedenen Formen aus einem und demselben Keimmaterial bestehen, und dass im Ei nicht besondere Anlagen für die sich aus ihm entwickelnden, je nach den Umständen verschiedenen Formen enthalten sind.

Ein ebenso bekanntes Beispiel für den Generationswechsel bei Tieren wie das der Ohrenquallen liefern die Bandwürmer. Hier hängt die Formenauslösung aber nicht mit den Jahreszeiten zusammen. Der Kopf des Bandwurms, welch' letzteren wir in zahlreichen Arten als Schmarotzer der verschiedensten Tiere antreffen, erzeugt auf ungeschlechtlichem Wege, nämlich durch Knospung, die den Bandwurm darstellende Kette zusammenhängender Bandwurmglieder, und diese bringen auf geschlechtlichem Wege Eier hervor, aus denen die sogenannten Finnen, die wieder zu Bandwurmköpfen werden, hervorgehen. Dieser Generationswechsel ist besonders deshalb von Interesse, weil die Bandwürmer in anderen Tieren leben als die Finnen oder Blasenwürmer. Der gewöhnliche Bandwurm des Menschen (Taenia solium) lebt im Darm. Werden nun seine reifen Eier durch die sich von ihm ablösenden Glieder nach aussen transportiert und hier von Schweinen gefressen, so entwickeln sich in deren Magen aus den Eiern zunächst Larven, welche die Magenwand durchbohren und schliesslich in die Blutgefässe gelangen, in denen sie vom Blutstrom in verschiedene Organe hineingespült werden. Wo sie ein zu enges Blutgefäss finden bleiben sie stecken und wachsen dort zu den Finnen oder Blasenwürmern aus. Diese müssen auf ihre weitere Entwickelung warten, bis das Fleisch des betreffenden Schweines vom Menschen gegessen

wird. Sie gelangen dann in dessen Darm und setzen sich hier vermittelst ihres mit Saugnäpfen und einem Hakenkranz ausgestatteten Kopfes fest, um nunmehr auf ungeschlechtlichem Wege Bandwurmglieder zu erzeugen. Besonders wichtig ist bei diesem Generationswechsel, dass sich sowohl die Bandwürmer als auch die Finnen nur unter ganz bestimmten Bedingungen entwickeln. Im Darm des Menschen können die Eier des Bandwurms nicht zu Finnen werden, und im Muskelfleisch oder in anderen Organen des Schweines können keine Bandwürmer entstehen. Eine Anzahl von Forschern dürfte glauben, dass in den Finnen besondere Keime für die Bandwurmglieder und im Ei des Bandwurms nicht nur besondere Anlagen für die Finnen, sondern auch solche für die späteren Bandwurmglieder vorhanden sind. Wir sind aber auf Grund unserer früheren Untersuchungen wohl berechtigt, besondere Keime für die verschiedenen Generationen zu verwerfen, und haben nur die Frage zu beantworten, auf welche Weise aus der Organisation der Finne die der Bandwurmglieder abzuleiten ist. Da dürfte die Annahme gestattet sein, dass die Finnen nur unreife, nicht zur Entwickelung gelangte, weil an ungünstige Orte verschlagene, Jugendstadien der Bandwürmer sind. Immerhin handelt es sich hier aber doch um einen Generationswechsel, wenigstens bei denjenigen Bandwurmarten, deren Finnen befähigt sind, auf ungeschlechtlichem Wege ihresgleichen zu erzeugen, wie wir es z. B. bei den aus den Eiern des Hundebandwurms (Taenia echinococcus) entstehenden Blasenwürmern sehen. Wenn auch manche Formen des Generationswechsels nicht ohne weiteres für den Schluss sprechen, dass der dabei stattfindende Formenwechsel immer dasselbe Bildungsmaterial betrifft, so liegt doch keine Thatsache vor, die ihn verböte.

Gleich dem Saisondimorphismus und dem Generationswechsel dürfte es sich bei dem sexuellen Polymorphismus, der Vielförmigkeit der Geschlechtsträger, die wir bei manchen Pflanzen- und Tierarten antreffen, um die Entstehung verschiedener Formen aus gleichem Bildungsmateriale handeln. Am besten bekannt ist der Polymorphismus der Bienen. Die Honigbiene (Apis mellifica) kommt in drei verschiedenen Formen vor, erstens in der der Königin, d. h. des geschlechtsreifen Weibchens, zweitens in der der Arbeiterin, nämlich des Weibchens mit verkümmerten Eierstöcken und in besonderer Weise ausgebildeten sonstigen Organen, und drittens in der der Drohne oder des Männchens. Der Polymorphismus der Bienen ist deshalb besonders lehrreich, weil wir die Bedingungen kennen, unter welchen die verschiedenen Bienenformen entstehen. Die Eier, aus denen bei den Bienen Königinnen oder Arbeiterinnen oder Drohnen entstehen, sind in allen Fällen einander gleich. Je nachdem nun bei diesen Eiern die Befruchtung ausbleibt oder eintritt, entstehen aus ihnen männliche oder

weibliche Bienen, und von der Pflege, welche die Arbeiterinnen den aus den befruchteten Eiern ausgeschlüpften weiblichen Bienenlarven angedeihen lassen, hängt es ab, ob sich aus diesen Königinnen oder Arbeiterinnen entwickeln. Königinnen entstehen aus Larven, die besser gefüttert werden als die anderen. Vergleichen wir diese Thatsachen mit den Ergebnissen, welche die Untersuchungen über den Saisondimorphismus der Schmetterlinge, die über den Generationswechsel der Tiere, insbesondere die Beobachtungen über die abnormen Formen der Ohrenqualle, geliefert haben, und mit den anderen von uns beigebrachten Thatsachen, so werden wir gern geneigt sein, anzunehmen, dass es auch bei den Bienen lediglich gewisse Bedingungen sind, die darüber entscheiden, ob aus einem und demselben Bildungsmaterial eine Drohne, eine Königin oder eine Arbeiterin entstehen soll.

Der Polymorphismus ist in der Form des sexuellen Dimorphismus, der geschlechtlichen Doppelförmigkeit, weit im Tierreich und auch bei manchen Pflanzenarten, z. B. den Weiden, verbreitet. In den meisten Fällen kennen wir von jeder Tierart sowohl Männchen als auch Weibchen, und diese unterscheiden sich zum mindesten durch ihre Geschlechtsorgane, sehr oft aber auch noch durch zahlreiche andere Eigenschaften, die man als sekundäre Sexualcharaktere bezeichnet. Diese sind z. B. von vielen Vögeln und Insekten bekannt, kommen aber auch bei manchen anderen Tieren vor. Über die Bedingungen, unter denen einerseits die Männchen, anderseits die Weibchen entstehen, sind zwar manche Vermutungen aufgestellt worden; indessen hat sich keine von diesen eine weitgehende Anerkennung zu verschaffen vermocht, so dass noch viele Untersuchungen nötig sein werden, um uns über diesen Punkt Klarheit zu verschaffen. Wir werden indessen kaum bezweifeln, dass sich Männchen und Weibchen aus gleichem Keimmaterial bilden.

Dem sexuellen Polymorphismus können wir den Standortspolymorphismus anreihen, der namentlich von Pflanzen, aber auch von Tieren, bekannt ist. Lehrreiche Beispiele dafür liefern u. a. die Wasserhahnenfüsse, Ranunculusarten, die sowohl im Wasser als auch auf dem Lande wachsen können und hier Blätter mit breiter Spreite, dort fein zerschlitzte erhalten.

Den Standortspolymorphismus, der zwar keine Periodicität zeigt, können wir doch auch insofern zu den Beispielen für Formenwechsel rechnen, als Organismen oder deren Keime leicht von einem Standort auf den andern gelangen können und es auch oft thun, und die sexuelle Vielförmigkeit rechneten wir hierher, weil die Entwickelungsbedingungen derartige sind, dass sie Männchen, Weibchen und Geschlechtslose in wenig schwankenden Zahlenverhältnissen entstehen lassen. Um Formenwechsel handelt es sich überall da, wo sich die genetisch zusammen-

hängenden Formen einer Organismenart auf wenige Hauptgruppen verteilen lassen. Solche Hauptgruppen stellen die Standorts-, die Geschlechts- und die Jahreszeitenformen dar.

Der vorliegende Abschnitt überzeugt uns durch die Reihe schön abgestufter Beispiele, beginnend mit der leichten Formenwandlung des im Frühlinge blau werdenden Schnabels des Kernbeissers und endend mit dem scharf ausgesprochenen Generationswechsel des Bandwurmes und dem höchst auffälligen Geschlechtspolymorphismus der Honigbiene, davon, dass in jedem Falle regelmässigen Formenwechsels nur ein und dasselbe Bildungsmaterial, und nicht etwa ein Komplex verschiedener Keimchen, bestimmt für verschiedene Formen, den Ausgangspunkt der Formbildung darstellt. Und auch an dieser Stelle soll wieder hervorgehoben werden, dass sich auch in der unorganischen Natur Analogieen zum Formenwechsel der Organismen finden. Aus einer Lösung von kohlensaurem Kalk wird, wie wir wissen, je nach den Umständen Kalkspat oder Aragonit. Diese beiden Mineralien haben durchaus dieselbe chemische Zusammensetzung, aber die Krystalle des Kalkspats gehören dem hexagonalen, die des Aragonits dem rhombischen Krystallsystem an. Wir haben es also hier mit demselben Material zu thun, das je nach den Umständen bald diese, bald jene Form bildet. Man wird schwerlich geneigt sein, anzunehmen, dass in kohlensaurem Kalk sowohl Aragonit- als auch von ihnen verschiedene Kalkspatkeimchen enthalten seien. Da die Annahme verschiedener Keimchen in den Substanzen, aus welchen polymorphe Mineralien bestehen, zu absurd ist, als dass wir uns irgendwie mit ihr befassen könnten, so dürfen wir vielleicht erwarten, dass über kurz oder lang auch die Annahme verschiedener Keimchenformen bei Organismen mit regelmässigem Formenwechsel allgemein als unzulässig bezeichnet werden wird, zumal man sie nicht gut, was man konsequenterweise doch müsste, auf die Unzahl der unregelmässigen Formen ausdehnen kann. Indessen scheint sie gegenwärtig vielen zu gefallen.

Besondere Keimchenkomplexe oder „Determinanten", neuerdings, wo es nötig thut, auch besondere „Ide", nimmt, wie wir gesehen haben, Weismann zur Erklärung der in diesem Abschnitte besprochenen einschlägigen Thatsachen an. Er dehnt seine Erklärungsweise auch auf den Saisondimorphismus der Schmetterlinge aus, über den er auch, dem Beispiele Dorfmeisters folgend, eigene Untersuchungen angestellt hat. Neuerdings hat darüber Standfuss umfangreiches Material beigebracht. Die oben von uns mitgeteilten botanischen Thatsachen sind von Freiherrn von Ettingshausen und Krašan ermittelt worden; über die Kirschbäume von Ceylon hat indessen Detmer berichtet. Der Arbeit von Haeckel „Metagenese und Hypogenese von Aurelia aurita" (Jena 1881) verdanken wir die mitgeteilten bemerkenswerten Thatsachen über die Entwickelungsanomalieen der Ohrenqualle. Die Beobachtung, dass eine überwinterte Qualle im Frühjahr kleine Ephyrulen an ihren Mundarmen trug, hat jedoch Haacke gemacht. Haeckel bekennt sich in der citierten Arbeit zu der Auffassung von Siebolds, wonach „die Blasenwürmer als verirrte und hydro-

pisch entartete Bandwürmer aufzufassen" sind (v. Siebold, „Über den Generationswechsel der Cestoden," 1850). Über den Standortspolymorphismus hat Henslow neuerdings eine Anzahl der wichtigsten Thatsachen in seinem schon früher citierten Werke zusammengestellt. Mit ihm beschäftigte sich kürzlich auch Stenström. Die Bedingungen der Entstehung von Männchen und Weibchen behandelte Düsing in einer umfangreichen Zusammenstellung. Er glaubte, dass junge Samenzellen Männchen, junge Eier Weibchen, alte Samenzellen Weibchen, alte Eier Männchen liefern.

2. Die Formverbildungen.

Sowohl die ausgebildete als auch die sich entwickelnde Organismenform ist mancherlei Störungen unterworfen, die Verbildungen zur Folge haben können. In vielen Fällen kennen wir die auslösenden Reize der Formverbildung, und dann sehen wir, dass es ein und dasselbe Bildungsmaterial ist, das sich das eine Mal, nämlich auf normale Reize hin, zur normalen Form gestaltet, und das andere Mal, nämlich infolge abnormer Reize, abnorme Bildungen liefert. Oft zwar sind wir nicht in der Lage, den auslösenden Reiz einer Formverbildung festzustellen. Aber wenn wir, wie es im folgenden geschehen soll, eine Reihe von Beispielen für Formverbildung in zweckmässiger Weise anordnen, so zweifeln wir nicht mehr daran, dass alle Formverbildungen, auch die erblichen, in letzter Linie auf abnorme äussere Reize zurückzuführen sind. Dieser Umstand und der, dass ein und dasselbe Bildungsmaterial, je nachdem es von normalen oder abnormen Reizen getroffen wird, normale oder abnorme Formen liefert, giebt den Formungsstörungen und den Formverbildungen eine hervorragende Bedeutung für die Entwickelungsmechanik.

Als leichte Formungsstörungen sind Hautwunden, die wir erhalten haben, zu betrachten. Sie lassen bei ihrer Heilung Narben zurück, die sich durch das ihnen eigentümliche Aussehen vor der umgebenden Haut auszeichnen, trotzdem das Bildungsmaterial der Narbe kein anderes ist als das der letzteren. Aber es hat unter den durch die Verwundung hergestellten Bedingungen zu einer neuen Struktur geführt.

Eine neue Struktur, eine Formverbildung, muss auch Vogelfedern eigen sein, die aus verletzten Federkeimen entstehen und infolgedessen pigmentlos bleiben. Wird ein Federkeim geschädigt, wie es bei der Mauserung, namentlich der von Stubenvögeln, leicht vorkommt, so kann die Struktur der sich aus ihm entwickelnden Feder so verändert werden, dass diese unfähig wird, das ihr während ihrer Entwickelung zugeführte Pigment aufzunehmen und in sich abzulagern. Diese Formungsstörung ist wohl in den meisten Fällen eine Folge direkter Verletzungen. Solche rufen auch bei Säugetieren oft lokalen Albinismus hervor, wie man es z. B. an Hautnarben dunkel gefärbter Menschenrassen, an schwarzen Katzen, denen Hunde zuweilen noch an ihrer Form deutlich erkennbare Bisswunden beigebracht, und an Pferden, die durch

den Satteldruck Verwundungen erlitten haben, mitunter sehr schön sehen kann. In allen solchen Fällen hat zwar den neugebildeten Hautstellen, bezw. Federn und Haaren, dasselbe Material zur Verfügung gestanden, wie den in Frage kommenden normalen Bildungen; gleichwohl sind abweichende Strukturen aus ihm hervorgegangen, die sich durch ihre Unfähigkeit, Pigment aufzunehmen, als solche kennzeichnen.

Stärkere Formstörungen als in den aufgeführten Fällen liegen vor, wo es zu künstlichen Missbildungen gekommen ist, wie bei den Füssen der chinesischen Frauen und den Schädeln der Plattkopfindianer. Dass es hier das Material des normalen Fusses, bezw. des normalen Schädels, ist, das zu einer Formverbildung Benutzung gefunden hat, liegt auf der Hand. Man könnte zwar annehmen, es handle sich bei solchen Formverbildungen lediglich um gewaltsame Verschiebungen, die dem eigentlichen Wesen des organischen Formbildungsprocesses fern ständen. Das wird zum Teil zutreffen, aber auch nur zum Teil. Wir haben zu unterscheiden zwischen denjenigen Fällen, in welchen nur die gewaltsame Verlagerung eines Körperteils in Frage kommt, z. B. die eines Hautstückes der Stirn, das zur künstlichen Nasenbildung benutzt worden ist, und zwischen jenen Vorkommnissen, wo eine neue Organisation Platz gegriffen hat, obwohl der auslösende Reiz eine Massenverschiebung war. Zwingt man einen engen Ring über einen dicken Finger, so drückt er zwar eine tiefe Furche in diesen. Die vergeht aber schnell, wenn man den Ring nach kurzer Zeit wieder entfernt. Wird aber ein dünner ständig mit einem ihm dicht anliegenden Ring versehener Finger im Laufe der Jahre bedeutend dicker, so bildet sich eine Einschnürung, die nach Entfernung des Ringes nur schwer, oft erst in einem Zeitraum vieler Monate, wieder völlig schwindet, zum Beweis dafür, dass sie einer inneren organischen Umformung ihre Entstehung verdankte, einer Formverbildung, deren auslösender Reiz der Ringdruck war. Und ein Teil wenigstens der Formverbildungen im chinesischen Frauenfusse, im Plattkopfindianerschädel und in ähnlichen absichtlich oder unabsichtlich herbeigeführten Missbildungen beruht auf solchen organischen Umformungen, bei denen die Massenverschiebungen nur die Rolle des auslösenden Reizes gespielt haben.

Dass es sich bei allen organischen Umformungen nur um die auf gewisse Reize hin erfolgenden Reaktionen eines Bildungsmaterials handelt, das unter anderen Bedingungen mit der Produktion anderer Formen reagiert haben würde, lehren uns die Formenveränderungen, die infolge der Infektion des Organismus mit tierischen oder pflanzlichen Parasiten zustande kommen. Unter diesen letzteren rufen manche sehr charakteristische Verbildungen hervor.

Von den zahlreichen Veränderungen der Pflanzen, die auf Parasiten zurückzuführen sind, haben wir vor allen die Gallen zu nennen.

Sie sind sowohl für die in Frage kommenden Pflanzenarten als auch für die betreffenden Parasiten charakteristisch. Durch die Einwirkung eines bestimmten Parasiten auf einen bestimmten Teil einer bestimmten Pflanze wird hier eine ganz bestimmte Gallenform hervorgebracht, obwohl gewiss kein besonders geformter Keimchenkomplex für die Galle im Bildungsmaterial der Pflanze vorhanden ist. Deshalb sind die Gallenbildungen, die entweder tierischen oder pflanzlichen Schmarotzern ihre Entstehung verdanken, überaus lehrreich und wichtig. Auch in tierischen Geweben kann eine Art Gallenbildung infolge parasitärer Reize stattfinden: Das gilt z. B. von der Leber der Kaninchen, in der Gregarinen (S. 53, Fig. 7) weisse Knoten bis zu der Grösse einer Haselnuss hervorrufen. Diese Knoten, sogenannte Coccidienknoten, kommen durch Erweiterung der Ausführungsgänge der Gallenblase, in deren Innern sich sogenannte papilläre Wucherungen bilden, zustande. An diese erinnern die durch den von Krätzmilben ausgehenden Reiz angeregten Bildungen. Die Krätzmilbe (Sarcoptes scabiei), die in der Hornschicht der menschlichen Oberhaut wohnt und diese mit zahlreichen Milbengängen durchsetzt, wirkt auf die unter der Hornschicht liegende Schleimschicht in der Weise ein, dass deren Papillarkörper sich stark vergrössern und zellig infiltriert werden, d. h. zahlreiche Zellen in sich aufspeichern. Letzteres ist auch unter den von der Krätzmilbe inficierten Stellen der Lederhaut der Fall. Die Milben üben also einen Reiz auf die Haut aus, den diese mit gesteigerter Produktion der oberflächlichen Schichten beantwortet.

Manche Parasiten üben nicht nur Formverbildungen auslösende Reize auf die befallenen, sondern auch auf weit davon entlegene Körperteile des Organismus aus, erschüttern manchmal die gesamte Konstitution, eine Thatsache, die auch für die Fragen der korrelativen Formbildung und der Vererbung von Wichtigkeit ist. So entwickeln sich an den sterilen Staubfäden des Perückenbaumes (Rhus cotinus) aussergewöhnlich viel Haare, wenn die Entwickelung eines Zweiges oder einer Blüte aufgehalten, wie es besonders häufig vorkommt, wenn der betreffende Pflanzenteil durch ein Insekt angestochen worden ist, oder wenn sich eine Galle an ihm entwickelt hat. Beim Gamanderehrenpreis (Veronica chamaedrys) kann man häufig die Beobachtung machen, dass Schösslinge mit einer ausserordentlich wolligen Knospe endigen. Ähnliches kann bei einer Heideart (Erica sooparia) wahrgenommen werden. Bei ihr finden sich oft abnorme Blätter, die im Gegensatz zu den linienförmigen und glänzenden normalen breit eiförmig und dicht mit Haaren bedeckt sind. Bei beiden Pflanzen entstehen die Veränderungen infolge der Einwirkungen, welche die Pflanzen seitens gewisser Engerlinge erleiden. Glockenblumen (Campanula), die von Milben befallen sind, können höchst abnorme Bildungen aufweisen.

Aus deren Staubblattanlagen und aus denen der Kelchblätter können blumenkronartige Blätter werden; an Stelle der Blumenkronblätter können sich kelchartige finden, ja selbst die Form der Hüllblätter kann kelchzipfelartig werden. Häufig findet man Glockenblumenpflanzen, an denen mehrere, mitunter viele, Blüten eine ungewöhnlich hohe Anzahl der einzelnen Teile aufweisen. Es kommen Blüten mit ungefähr 20 Kelch- und ebenso vielen Kron- bezw. Staubblättern sowie mit Stempeln vor, deren Narbenanzahl bedeutend erhöht ist. Ja, man kann gelegentlich beobachten, dass der Stempel eine Röhre bildet, die zum Teil blumenkronartigen Charakter angenommen hat und im Innern etliche Staubgefässe und einen zweiten Stempel birgt. Ferner kommen Blüten mit zwei Blumenkronen, einer äusseren und einer inneren, solche mit zwei nebeneinander stehenden Stempeln, und manche andere zur Beobachtung, die in der einen oder andern Weise von normalen Blüten abweichen, kurz, die Missbildungen, die an von Milben befallenen Glockenblumenpflanzen vorkommen können, sind sehr mannigfaltig, und alle diese Veränderungen sind Folge des Reizes, den die Milben auf die von ihnen befallenen wachsenden Pflanzenteile ausüben. Männliche Krabben (Carcinus maenas), die in der Jugend von der zu den rhizocephalen Krustaceen gehörigen Parasitenform Sacculina befallen werden, erhalten nicht die sekundären Sexualcharaktere des Hinterleibes der normalen Männchen, durch welche sich diese von den Weibchen unterscheiden. Der Hinterleib dieser Krabbenart besteht normalerweise aus sieben Segmenten, die bei dem Weibchen alle deutlich gegeneinander abgegliedert sind, während der Hinterleib des Männchens viel schmaler als der des Weibchens ist und eine Verwischung der Grenzen zwischen dem dritten und vierten und dem vierten und fünften Segment aufweist. Werden die Männchen indessen in ihrer Jugend von Sacculinen befallen, so bilden sich die Grenzen ebenso deutlich aus wie bei den Weibchen.

Weitgehende Veränderungen werden durch Pilze, die wachsende Pflanzenteile befallen, ausgelöst. So verdanken die sogenannten Hexenbesen, die sich an vielen Bäumen finden, einer Infizierung mit Pilzen ihren Ursprung. Sie stellen gewissermaassen parasitische Pflanzen vor, die auf den sie tragenden Bäumen schmarotzen, denn sie erfreuen sich einer grossen Unabhängigkeit von der Mutterpflanze. Manche Pilze üben nicht nur einen Reiz auf die befallenen Pflanzenteile, sondern auch auf deren nähere und selbst entferntere Nachbarschaft aus. Befällt z. B. ein einzelliger Pilz aus der Gattung Synchytrium eine Blattzelle des Löwenzahnes (Taraxacum officinale), so vergrössert sich diese; aber nicht nur sie, sondern auch die benachbarten Zellen verändern sich, indem sie sich vermehren und einen behaarten Ringwulst um die vom Pilze bewohnte Zelle bilden, während der betreffende Blattteil

im übrigen in seiner Entwickelung zurückbleibt. Verkümmerungen von Pflanzenteilen und ganzen Pflanzen sind vielfach die Folge von Pilzinfektionen. Diese rufen oft eine weitgehende Umbildung der Organe hervor, so dass diese anderen Organen derselben Pflanze ähnlich werden. In einem Falle, wo ein Hahnenfusswindröschen (Anemone ranunculoides) vom Pilzgeflechte des Aecidium punctatum befallen war, entwickelten sich an Stelle der Blüte zwei Laubblätter, von denen das eine die fingerige Teilung, die für Anemonenblätter charakteristisch ist, aufwies. Manchmal wird der ganze Habitus pilzbefallener Pflanzen verändert. So kann man in Gegenden, wo die Cypressenwolfsmilch (Euphorbia cyparissias) häufig ist, neben den normalen blühenden Pflanzen mit verzweigten Stengeln oft blütenlose hoch aufgeschossene und unverzweigte Exemplare finden, deren kurze breite Blätter sich von den langen schmalen der normalen Pflanzen in auffälliger Weise unterscheiden. Die sind, und zwar perennierend, von einem Pilz, Aecidium euphorbiae, befallen. Pilze können auch die Geschlechtsverhältnisse von Pflanzenblüten erheblich verändern. Bei der weissen oder zweihäusigen Lichtnelke (Lychnis dioica) befinden sich die Blüten mit fruchtbaren Staubgefässen, die männlichen also, auf anderen Pflanzen als die weiblichen. Die weiblichen Blüten haben verkümmerte Staubblätter. Werden diese aber von Ustilago anthearum befallen, so bilden sie sich zu ebenso vollkommenen Staubblättern aus, wie es die der männlichen Blüten sind.

Auch bei krankhaften Umbildungen der tierischen Gewebe spielen Pilze eine ausserordentlich grosse Rolle. Dies gilt insbesondere von den Spaltpilzen oder Bakterien, von denen viele ganz charakteristische Veränderungen der Gewebe herbeiführen. Und wenn auch in vielen Fällen die parasitäre Natur der Infektionskrankheiten noch nicht mit Sicherheit erkannt ist, so lassen sich die bei bestimmten Krankheiten auftretenden charakteristischen Veränderungen doch auf die Einwirkung specifischer Gifte zurückführen, wobei freilich zu beachten ist, dass die Form krankhafter Umbildungen ebenso sehr von der Natur der befallenen Gewebe wie von der Qualität der Schädigungen abhängt. Charakteristische Veränderungen der Gewebe werden, um nur einige Beispiele zu nennen, herbeigeführt durch Syphilis, Lepra, Tuberkulose und manche andere Krankheiten.

Manchmal genügt eine anscheinend geringfügige Schädigung des Organismus zur Auslösung abnormer Organformen. Nach Frühjahrsfrösten treten bei einigen Bäumen fremde Blattformen an den Nachtrieben der vom Frost getroffenen Zweige auf. Solche Formen zeigen oft eine mehr oder weniger weitgehende Ähnlichkeit mit den Blattformen vorweltlicher Arten und mit denjenigen von Species, die anderen Florengebieten angehören. Ähnliche Erscheinungen zeigen sich auch nach Insektenfrass. Denn auch in solchen Fällen tragen die

Nachtriebe der angefressenen Zweige oft Blätter, deren Formen mehr oder weniger von den normalen Blattbildungen abweichen. Frost und Insektenfrass wirken oft an einem und demselben Baume nacheinander ein. Denn Bäume, die vom Froste gelitten haben, werden, wie die Erfahrung gelehrt hat, leichter von Maikäfern befallen als andere, und umgekehrt sind Bäume, die dem Insektenfrass ausgesetzt gewesen sind empfindlicher gegen Frost als ungeschädigte. Wenn ein Baum wiederholt von Frost und Insektenfrass betroffen wird, so treten die Folgen deutlicher und in vermehrtem Maasse auf, und ein Individium, das diesen nachteiligen Einflüssen von Jahr zu Jahr ausgesetzt ist, geht, falls nicht besonders kräftig, schliesslich zu Grunde. Dabei beobachtet man jedoch, dass es die Fähigkeit, seine normalen Blattformen zu producieren, vor dem Eintritt seiner Desorganisation verliert. Beim Studium der Blattformen, die an Nachtrieben von durch Frost oder Insektenfrass geschädigten Bäumen auftreten, hat man nun gefunden, dass unmittelbar nach der Einwirkung des schädigenden Reizes völlig abnorme, monströse und krankhafte Blattgebilde zum Vorschein kommen. Es fehlt solchen Blättern ganz und gar an Symmetrie, so dass man sie förmlich mit Schwergeburten verglichen hat. Aber bei Wiederholung der schädigenden Einflüsse schlägt die Formenbildung, falls die Organisation des betreffenden Baumes nicht völlig vernichtet wird, neue Wege ein. Die Blätter werden dann weniger abnorm, monströs und krankhaft. Sie nehmen nach und nach Symmetrie an, und nach Jahren erhält die Pflanze die Fähigkeit, so leicht Blattformen hervorzubringen, die mit den Blattformen ausgestorbener Pflanzen der betreffenden Gattung mehr oder minder übereinstimmen, dass ein geringfügiger Anstoss genügt, um solche Blattformen auftreten zu lassen. Die betreffenden Erscheinungen, die man besonders an Eichen und Buchen studiert hat, werden nur durch die genannten äusseren Reize veranlasst und treten nur so lange auf, als die in Frage kommenden Bäume durch jene geschädigt werden. Wenn in dem auf das Jahr, in welchem ein Baum durch Frost oder Insektenfrass gelitten hat, folgenden Frühling kein Frost auftritt, und die Baumzweige nicht von Insekten kahl gefressen werden, so tragen sie das ganze Jahr hindurch normal geformte Blätter. Man kann, z. B. bei Eichen, desto sicherer darauf rechnen, dass eine förmliche Entartung eintritt, die sich durch eine scheinbar gesetzlose Formenauflösung kundgiebt, je grösser der Gegensatz zwischen der zeitweise frostigen Temperatur des Mai und der des Sommers an dem betreffenden Standorte ist. Bäume, die durch Frühjahrsfröste und Insektenfrass, namentlich durch Maikäfer, gelitten haben, welche, wie schon bemerkt, gerade vom Froste mitgenommene Bäume gern aufsuchen, zeigen sich an ihren beschädigten Ästen und Zweigen auch sehr empfindlich gegen Einflüsse des Standorts, seiner Felsart, seiner

physischen und chemischen Bodenbeschaffenheit, seiner Lage gegen die Sonne und gegen andere Reize; denn sie sind sehr disponibel zu Abänderungen. Man ist deshalb zu dem Schlusse gelangt, dass zu den einschlägigen abweichenden Formbildungen vor allem ein Faktor gehört, der den Organismus des Baumes auf das tiefste erschüttert, seine Existenz gefährdet und hierdurch die normale Formenproduktion zum Erlöschen bringt. Wenn nun ein durch Frost und Insektenfrass geschädigter Baum an einem Standorte steht, wo die beschädigten Äste und Zweige durch hochgradige Sommerwärme beeinflusst werden, so kommt es an seinen Zweigen zu äusserst mannigfaltigen Blattgestaltungen. Bäume dagegen, die an geschützten, beschatteten oder sonst bevorzugten Stellen stehen und von Maifrösten und starken Temperaturextremen verschont bleiben, bringen keine abweichenden Blattformen hervor, wie man es im Gegensatz zu Eichen aus nördlicheren Gegenden an solchen südlicher Länder beobachtet hat. Nach Frost, Insektenfrass, Hagelschlag und anderen Schädigungen sieht man auch Blätter auftreten, von denen man aus systematischen Gründen annehmen muss, dass sie einen stammesgeschichtlichen Fortschritt in der Entwickelung der Blattform bedeuten. Solches hat man gleichfalls an Eichen beobachtet. Man darf nicht etwa glauben, dass abnorme Blattformen in regellosem Durcheinander entstehen. Für eine gewisse Kategorie abweichender Blattbildungen lässt sich, wie wir früher gesehen haben, zeigen, dass sie an die Jahreszeiten gebunden, also einer Periodicität unterworfen sind, und wenn dies auch bei anderen nicht der Fall ist, so lässt sich doch auch von diesen nicht behaupten, dass die Pflanze sie gewissermaassen willkürlich hervorbringen kann. In manchen Fällen kennen wir nur die Bedingungen nicht, unter denen sie auftreten.

Werden jugendliche Organismen in eine mit abnormen Reizen auf sie einwirkende Umgebung versetzt, so kann es zu ganz fremdartigen Bildungen kommen, wie wir sie z. B. an den Leptocephalen sehen. Unter diesem Namen sind Fische bekannt, die lange Zeit für Angehörige einer besonderen Gruppe gehalten wurden, aber doch nichts weiter zu sein scheinen, als zu verschiedenen Gattungen von Fischen gehörige Larven, die sich in eigentümlicher Weise entwickelt haben. Und zwar ist es wahrscheinlich, dass es Larven von Küstenfischen sind, die in früher Jugend aufs hohe Meer verschlagen wurden und infolgedessen nicht die üblichen Umbildungen erlitten haben, sondern, obwohl sie weiter wuchsen, auf dem Larvenstadium stehen geblieben sind. Die Leptocephalen sind kleine, schmale Fische mit verlängertem und mehr oder weniger bandförmigem Körper, der im frischen Zustande durchsichtig ist. Ihr Skelett besteht ganz und gar aus Knorpel und verkalkt höchstens dann und wann in geringfügiger Weise, besonders am Ende der Wirbelsäule. Diese letztere wird durch eine

Rückensaite dargestellt, die bei vielen Exemplaren in zahlreiche Segmente eingeteilt ist. Rippen fehlen den Leptocephalen. Der Schädel ist gleich der Wirbelsäule beinahe völlig knorpelig. Die Muskeln sind gewöhnlich nicht an der Rückensaite befestigt. Diese ist von einer dicken gelatineartigen Masse umgeben, welche die Seitenmuskeln voneinander trennt. Letztere sind an der Haut befestigt, und jeder bildet ein dünnes flaches winkelförmiges Band mit nach vorn gerichteter Spitze. Öfters werden aber auch Exemplare gefunden, bei denen die Muskeln besser entwickelt sind, augenscheinlich auf Kosten jener gelatineartigen Masse, die bei solchen Stücken von geringerer Quantität ist. In dergleichen Fällen sind die Muskeln an der Rückensaite befestigt, und der ganze Fisch hat eine mehr cylindrische Körperform. Solche Individuen haben rotes Blut, während die Blutkörperchen der bandförmigen nur eine schwache Färbung zeigen. Der Darm der Leptocephalen ist gerade und besitzt einen sehr kleinen After. Die Schwimmblase fehlt ihnen, und von Geschlechtsorganen zeigen sie keine Spur. Falls die Leptocephalen unpaare Flossen haben, bilden diese ein zusammenhängendes Band mit mehr oder minder sichtbaren Spuren von Flossenstrahlen. Oft wird dieses Band nur durch eine Hautfalte ohne irgend welche Strahlen dargestellt. Manchmal besitzen die Leptocephalen Brustflossen, in anderen Fällen sind diese rudimentär, und in noch anderen fehlen sie völlig. Bauchflossen besitzen diese eigentümlichen Fische nie. Die meisten Exemplare haben eine Reihe runder schwarzer Flecke an jeder Seite des Bauches, an der sogenannten Seitenlinie und zuweilen an der Rückenflosse. Die Bewegungen dieser Tiere, die man in der See treibend findet, häufig in einer grossen Entfernung von Land, sind langsam und machen den Eindruck der Mattigkeit. Das grösste beobachtete Leptocephalenexemplar war 25 *cm* lang. Aber Stücke von dieser Grösse sind sehr selten.

An die Farblosigkeit der Leptocephalen erinnert der Farbstoffmangel von Tieren und Pflanzen, die gleichfalls abnormen Lebensbedingungen ausgesetzt worden sind. Bei Pflanzen ist diese Erscheinung weit verbreitet und meistens auf Lichtmangel zurückzuführen. Weniger wissen wir von den Reizen, die Farbstoffmangel bei Tieren zur Folge haben. Um schädigende Formungsstörungen handelt es sich aber auch wohl hier. Eine deutsche Karausche (Carassius carassius), die etliche Jahre lang in einem Aquarium gehalten wurde, verwandelte sich in einen Goldfisch. Indessen kommen solche Fische auch in der freien Natur vor, wie man es an Flundern (Pleuronectes) und Aalen (Anguilla anguilla) beobachtet. Öfter noch als freilebende zeigen, was zu beachten ist, domesticierte Fische, z. B. der chinesische Goldfisch (Carassius auratus), der Karpfen (Cyprinus carpio) und die Schleie (Tinca tinca) einen Beginn von Albinismus dadurch, dass die dunkeln

Farbstoffstellen ihrer Haut in Zellen mit mehr oder weniger lebhaft gelbem Pigment verwandelt worden sind. Dem Albinismus steht der Melanismus gegenüber, d. h. ein Überfluss an Farbstoff, der sich als Schwarzfärbung kundgiebt. Ihm schliessen sich andere Formen abnormer Umfärbungen an. Auch das plötzliche Auftreten von haarlosen Formen, wie man es z. B. bei Mäusen beobachtet hat, oder von federlosen, wie es z. B. bei Wellensittichen (Melopsittacus undulatus) nicht selten vorkommt, muss auf Formungsstörungen beruhen. Ferner hat man das plötzliche Auftreten von sogenannten Haarmenschen oder von Kretins als eine hierhergehörige Erscheinung aufzufassen.

Bei der obenerwähnten Karausche, die etliche Jahre lang in einem Aquarium gehalten wurde, traten mit zunehmender Gelbfärbung die Augen mehr und mehr aus dem Kopfe hervor. Sie wurden dadurch den Augen der sogenannten Teleskopfische, einer Varietät von Carassius auratus, ähnlich, die auch oft doppelte Schwänze und andere angeborene Missbildungen zeigen. Das legt die Vermutung nahe, dass es sich bei angeborenen Missbildungen, den sogenannten Teratomen, um krankhafte Veränderungen des Körpers handelt, hervorgerufen durch abnorme äussere Einflüsse.

Unter den Fällen von Teratomen sind die einer abnormen Vermehrung oder Verminderung von Organen, die normalerweise in einer bestimmten Anzahl vorhanden sind, von grosser Häufigkeit. Von diesen sei zunächst die Vermehrung und Verminderung der Wirbel und Rippen bei Wirbeltieren erwähnt. Die Fälle von überzähligen Organen betreffen auch oft Vorkommnisse an dem Gebiss der Säuger und anderer Wirbeltiere. Bei Wiederkäuern findet sich nicht selten eine Vermehrung der Hörner. Sehr bekannt sind die Fälle, in welchen eine Vermehrung der Finger und Zehen beim Menschen und anderen Säugetieren stattgefunden hat. Besonders bemerkenswert sind unter diesen solche Fälle, wo nahezu eine Verdoppelung des ganzen Fusses oder der ganzen Hand eingetreten ist, und auch die, in welchen einzelne Finger und Zehen, z. B. die Daumenzehe, verdoppelt worden sind. Von überzähligen Organen bei anderen Tieren seien einige Fälle aufgeführt, in welchen bei Insekten eine Vermehrung der Flügel stattgefunden hatte. Solche sind namentlich bei Schmetterlingen beobachtet worden. Manchmal kommt es nur zu einer teilweisen Verdoppelung eines Organs. So ist ein Fall beschrieben worden, in welchem ein Hund teilweise gespaltene oder verdoppelte obere Eckzähne hatte. Bei Vermehrungen und Verdoppelungen von Organen kommt es oft vor, dass davon nicht bloss ein Stück einer bestimmten Organkategorie betroffen wird, sondern deren mehrere. Das auffälligste Beispiel für ein solches Vorkommnis wird durch einen Käfer der Art Prionus californicus geliefert, an welchem sämtliche Beine und die Mundtaster verdoppelt waren.

Mitunter betrifft die Verdoppelung den Hauptkörper eines Organismus; so nicht selten beim Menschen. In manchen Fällen kann sie soweit gehen, dass es zur Ausbildung von zwei Individuen kommt, die nur auf eine kurze Strecke miteinander verwachsen sind. Derartige Fälle sind mehrfach beschrieben worden; am bekanntesten ist der der siamesischen Zwillinge. Ein noch extremerer Fall als dieser ist es, wenn Zwillinge vollständig voneinander getrennt sind, was bekanntlich ziemlich häufig vorkommt. Derartige Zwillinge sind von einerlei Geschlecht und in hohem Grade ähnlich, und eben deswegen nimmt man an, dass sie aus einem einzigen Ei, das sich im Anfang seiner Entwickelung geteilt hat, entstanden sind. Diese Annahme wird dadurch gestützt, dass solche Zwillinge von gemeinsamen Embryonalhäuten eingeschlossen werden. Von diesen extremsten Fällen der Zwillingsbildung, die man nicht mehr als Missbildungen betrachten kann, und von den weniger extremen, für die die siamesischen Zwillinge ein Beispiel lieferten, bis zu Fällen in welchen nur ein einziger Körperteil verdoppelt ist, giebt es eine lange Reihe von Übergängen, auf die wir indessen nicht näher eingehen können. Es sei nur die Thatsache betont, dass die beiden miteinander verschmolzenen oder, besser ausgedrückt, die nicht zur vollständigen Trennung gekommenen Individuen einer solchen Doppelmissbildung häufig symmetrisch zueinander gelegen sind. Es sieht manchmal so aus, als ob von dem einen Individuum ein bestimmtes Stück der rechten Seite und von dem anderen Individuum dasselbe Stück der linken Seite glatt fortgeschnitten wäre, und als ob die beiden Individuen dann mit der Schnittfläche aneinander gelegt und zur Verwachsung gekommen seien. Bei Pflanzen findet man Fälle abnormer Vermehrung und Verdoppelung von Organen, die denen bei Tieren gefundenen ganz analog sind. So kann man bei Kompositen, zum Beispiel bei der weissen Wucherblume (Chrysanthemum leucanthemum) gelegentlich eine Verdoppelung des Blütenköpfchens beobachten, die so weit geht, dass die beiden Blütenköpfchen vollständig voneinander getrennt, und dass nur ihre Stiele teilweise miteinander verwachsen sind. Von diesem einen Extrem bis zu dem andern, wo es nur zur Andeutung einer Verdoppelung des Blütenköpfchens gekommen ist, finden sich alle möglichen Übergänge.

Den Fällen von Vermehrung oder Verdoppelung der Organe stehen die gegenüber, in welchen deren Anzahl vermindert oder eine Verschmelzung benachbarter Organe eingetreten ist, wie man es oft bei menschlichen Zehen und Fingern beobachtet. Bei Ringelwürmen (Anneliden) kommt es öfter zur Verschmelzung nebeneinander liegender Körpersegmente, die manchmal indessen nur eine teilweise ist und gelegentlich zur Entstehung spiralig zusammenhängender Segmente führt. Bei Vertebraten wird zuweilen eine unvollkommene Trennung der Wirbel

beobachtet. Verschmelzungen benachbarter Organe kommen namentlich bei zweiseitig-symmetrischen Tieren vor. So z. B. ist ein Rehbock (Capreolus caprea) beschrieben worden, bei dem die beiden Hornstangen zu einer einzigen, die mitten auf der Stirn sass, verschmolzen waren. Bei einer Schnecke, Limax agrestis, waren die beiden oberen Tentakel in der Mittelebene des Körpers zu einem einzigen vereinigt.

Während in diesen Fällen symmetrisch in Bezug auf die Mittelebene des Körpers verteilte Organe zu einem Stücke verschmolzen waren, kommen Fälle vor, in welchen bei Verdoppelung eines Organes das eine aus der Verdoppelung hervorgegangene Organ das Spiegelbild des andern, und umgekehrt, ist. Solche Fälle sind namentlich von Insektenbeinen bekannt geworden. Bei einem Käfer der Species Cerambyx scopoli fanden sich an Stelle des rechten Vorderbeines drei Beine, von denen das vordere das Spiegelbild des mittleren, dieses das des hinteren darstellt.

Neben den aufgeführten Missbildungen nehmen diejenigen Fälle eine besondere Stellung ein, in welchen nur ein Teil des Körpers zur Ausbildung gelangt ist. Es giebt menschliche Missbildungen, die im wesentlichen aus weiter nichts bestehen, als aus einem Kopfe, und andere, wo die vordere Hälfte des Körpers fehlt.

Von den Doppelmissbildungen wohl zu unterscheiden sind die Vorkommnisse von überzähligen Organen. So kommt es vor, dass Menschen am Halse rudimentäre Ohrmuscheln tragen, Weiber in ihren Eierstöcken Zähne und Haare bergen, und Frauenbrüste an Körperstellen sitzen, wo sie sich bei anderen Säugetieren auch normalerweise nicht finden, z. B. auf dem Rücken. Diese Missbildungen leiten hinüber zu denjenigen Fällen, wo sich an Stelle eines Organes ein gänzlich verschiedenes befindet. Sehr merkwürdige Fälle solcher Missbildungen treffen wir u. a. bei Gliedertieren, insbesondere bei Insekten und Krebsen an. Sie werden aber auch bei anderen Abteilungen der Gliedertiere nicht allzuselten sein. Unter ihnen nennen wir den Fall einer Wanze der Art Cimbex axillaris, deren rechter Fühler an der Spitze zu einem Fuss umgebildet war. Teilweise in einen solchen verwandelt war die linke Antenne einer männlichen Hummel von der Species Bombus variabilis, die in einem Park in München gefangen wurde. Sehr merkwürdig ist ferner ein Lederlaufkäfer (Prionus coriarius), der an Stelle der beiden Flügeldecken zwei nach aufwärts gerichtete Beine besass. Ein Widderchen der Art Zygaena filipendulae ist beschrieben worden, das an Stelle des linken Hinterbeines einen Flügel trug. Von Krebsen werden ähnliche Vorkommnisse berichtet. So fand man eine Languste der Art Palinurus penicillatus, die an Stelle eines Auges einen antennenförmigen Fortsatz hatte. Bei Blütenpflanzen werden die Kelchblätter oft kronblattartig und die Blumen-

kronblätter kelchblattartig ausgebildet, während die Staubfäden kronblattartige Umformungen erleiden können.

Missbildungen, die sich den vorgenannten anschliessen, haben wir in der wahren und falschen Zwitterbildung zu verzeichnen. Beim Menschen, wo falsche Zwitterbildung, bei der es sich um die teilweise Entwickelung der weiblichen äusseren Geschlechtsorgane nach der Richtung der männlichen oder um das Umgekehrte handelt, ziemlich häufig ist, ist wahre Zwitterbildung ausserordentlich selten. Zwitterbildung beim Menschen kann entweder eine einseitige oder doppelseitige sein. Bei wahrer doppelseitiger Zwitterbildung sind auf beiden Seiten Hoden und Eierstöcke zugleich vorhanden. Es ist indessen nur ein solcher Fall beschrieben worden. Bei einseitiger Zwitterbildung, ist entweder auf der einen Seite sowohl ein Hoden als auch ein Eierstock vorhanden, und auf der andern Seite nur ein Hoden oder ein Eierstock, oder es findet sich nur auf der einen Seite ein Eierstock, auf der andern dagegen ein Hoden. Bei der falschen Zwitterbildung, bei der nur eine Art von Keimdrüsen vorkommt, zeigen die äusseren Geschlechtsorgane und teilweise auch die inneren, nämlich die Ausführungsgänge, zwitterige Bildung. Bei vielen Tieren ist Zwitterbildung viel häufiger als bei Menschen. Am merkwürdigsten unter diesen Fällen sind Schmetterlinge, bei denen die eine Körperhälfte vollständig männlich, die andere vollständig weiblich ist. Bei Bienen sind männliche und weibliche Charaktere öfter in eigentümlicher Weise auf verschiedene Körperteile verteilt. Eigentümliche Zwitterbildungen kommen unter den Pflanzen bei Weiden (Salix) vor. Bei diesen sind männliche und weibliche Organe bekanntlich nicht nur auf verschiedene Blüten, sondern auch auf verschiedene Pflanzen verteilt. Mitunter beobachtet man nun an weiblichen Pflanzen Kätzchen, deren Blüten ganz oder teilweise zu männlichen umgebildet sind. Und zwar sind an Stelle der beiden Fruchtblätter zwei Staubblätter oder Übergangsformen zwischen Staub- und Fruchtblättern getreten. Hier haben sich also weibliche Organe völlig oder annähernd in männliche verwandelt.

Aus dem Vorkommen von Teratomen hat man schliessen wollen, dass es sich dabei um eine Ausbildung für gewöhnlich latenter oder um eine Verlagerung für andere Körperstellen bestimmter Organkeimchenkomplexe handelt, welch letztere man zu Gunsten gewisser Theorieen annimmt. Allein die aufgezählten und andere Missbildungen beweisen doch weiter nichts, als dass aus einem und demselben Bildungsmateriale verschiedene Organe werden können, je nach den Einflüssen, die es an verschiedenen Körperstellen erfährt. Diese Einflüsse, die normalerweise geregelt sind, können durch abnorme Reize, die den Keim oder den in Entwickelung begriffenen Organismus treffen, gestört werden. In einem solchen mag infolgedessen gewissermaassen eine mehr oder minder

weitgehende Anarchie eingetreten sein, so dass dadurch der Zusammenhang des Ganzen gestört worden ist, und die einzelnen Teile nunmehr, um diesen Ausdruck zu gebrauchen, machen können, was sie wollen, oder, um es korrekter zu bezeichnen, in anderer Weise auf die sie treffenden Reize reagieren müssen, als in den normalen Fällen, d. h. in denen, wo der Körper ein in sich abgeschlossenes und fest konstituiertes Ganzes darstellt. Wahrscheinlich ist die Konstitutions- oder Gefügefestigkeit der Individuen, an welchen Teratome auftreten, gestört, und deshalb die Entwickelung von Missbildungen möglich geworden. Die infolge der Einwirkung von parasitischen Pilzen auf sich entwickelnde Pflanzenteile entstehenden Hexenbesen, die wir mit Teratomen vergleichen können, stellen sogar, wie wir bereits früher gesehen haben, Gebilde dar, die allerdings ihre Nahrung aus der Mutterpflanze beziehen, im übrigen aber von ihr, deren normalen Zweigen sie oft nur in geringem Grade gleichen, so unabhängig sind, dass man sie als Schmarotzerpflanzen, wie es die namentlich auf Obstbäumen wachsenden Misteln (Viscum album) sind, betrachten kann. Um eine Schädigung der Konstitutionsfestigkeit des Körpers, oder, was dasselbe ist, um eine Gefügelockerung, wird es sich auch bei manchen Krankheiten, z. B. bei vielen Geisteskrankheiten, handeln. Auch bei letzteren hat gewissermaassen eine Anarchie unter den Ganglienzellen des Gehirns Platz gegriffen, so dass diese nicht mehr in geregelter Weise zusammenarbeiten, wie im normalen Körper, sondern in ihren psychischen Äusserungen das Bild gestörten Seelenlebens geben. An die Geisteskrankheiten können wir nun anknüpfen, um uns eine Anschauung über das Zustandekommen der Teratome zu bilden. Die Geisteskrankheiten sind bekanntlich in hohem Grade erblich. Man macht dabei aber die Beobachtung, dass die Nachkommen geistesgestörter Menschen sehr oft ganz andere Formen der geistigen Erkrankung zeigen, als der betreffende Vorfahr, so dass man von einem Polymorphismus der Geisteskrankheiten spricht. Diese Unsicherheit in der Vererbung des charakteristischen Bildes, das uns das Seelenleben eines geistesgestörten Menschen bietet, bestärkt uns in der Annahme, dass es sich bei den Geisteskrankheiten in der That um eine Schädigung der Konstitutionsfestigkeit, um eine Lockerung des Körpergefüges handelt. Es ist Anarchie im Körper eingetreten und auch die Konstitutionsfestigkeit der von solchen Menschen erzeugten Keimzellen hat gelitten, so dass diese sich nicht leicht wieder zu Menschen entwickeln können, die ihren geistesgestörten Eltern gleichen, sondern nur Nachkommen producieren, die wegen jener Gefügelockerung zwar gleichfalls geisteskrank sind, bei denen sich die Geisteskrankheit aber in ganz anderer Weise entwickelt, eben weil die einzelnen Körperteile solcher Menschen, insbesondere die des Gehirns, bei der Anarchie, die unter ihnen eingerissen ist, gewissermaassen

machen können, was sie wollen. Da Geisteskranke nicht selten sichtbare Missbildungen zur Schau tragen, so liegt der Schluss um so näher, dass die Teratome einer Lockerung des Körpergefüges durch auf den sich entwickelnden Keim einwirkende schädliche Reize ihren Ursprung verdanken.

Bei der Beurteilung der Teratome genannten Missbildungen haben wir zu bedenken, dass wir in vielen Fällen von Missbildungen, wie z. B. in dem der Glockenblumen, mit Bestimmtheit wissen, dass diese Missbildungen die Folgen einer durch abnorme Reize ausgelösten Anarchie der Organe sind, weshalb wir auch für die Teratome ähnliches annehmen dürfen. Gleichwohl dürfen wir sie nicht für das Bestehen gesonderter, für bestimmte Organe vorbereiteter Keimchenkomplexe in Anspruch nehmen. Sie sind im Gegenteil in vorzüglicher Weise geeignet, diese Annahme unmöglich zu machen. Wie sollen Zahn- und Haarkeime in den Eierstock gelangen, auf welche Weise die Symmetrie der oben erwähnten Beine von Cerambyx scopoli zu Stande kommen? Wodurch ist in einem der aufgeführten Fälle ein Wanzenfuss an eine Fühlerspitze geraten? Woher ist er genommen worden, da der betreffenden Wanze doch kein Fuss fehlte? Wo ist die durch ihn ersetzte Fühlerspitze hingekommen? Ehe diese und alle die anderen Fragen, die sich von selbst aus den Teratomen ergeben, zu Gunsten der Annahme von Organkeimchenkomplexen beantwortet sind, werden wir gut daran thun, uns vor dieser Hypothese zu hüten. Mitunter kommen Fälle zur Beobachtung, wo eine ganz anders gestaltete Blattform an Stelle des normalerweise auf dem betreffenden Flecke der Pflanze stehenden Blattes zur Entwickelung gelangt. So findet man beim Hainwindröschen (Anemone nemorosa), das normalerweise an seinem Stamm drei grosse, ziemlich stark gegliederte, und zwar fingerig geteilte, grüne Hüllblätter trägt, gelegentlich an Stelle des einen dieser Hüllblätter ein weisses Blütenblatt, das ja ganz anders gestaltet und namentlich auch viel kleiner ist, als die Hüllblätter, und im Gegensatz zu diesen keine äussere Gliederung zeigt. Aus dem Umstand, dass dieses perigonblattartige Hüllblatt, das, gleich normalen Hüllblättern, auch am Rande feine Härchen tragen kann, die den wirklichen Perigonblättern von Anemone nemorosa fehlen, an der Stelle eines normalen Hüllblattes sitzt, und dass an seiner Stelle auch die eine oder die andere Zwischenform zwischen einem normalen und einem völlig perigonblattartigen Hüllblatt stehen kann, geht hervor, dass es aus Bildungsmaterial entstanden ist, aus dem bei normalem Verhalten ein normales Hüllblatt geworden wäre. Dass das Bildungsmaterial der Hüllblätter dasselbe ist, wie das der Perigonblätter, wird dadurch bewiesen, dass eine Versetzung eines der drei Hüllblätter von Anemone nemorosa in die Region der Perigonblätter, wie sie gelegentlich beobachtet wird,

immer von einer ganz oder nahezu vollkommenen Umbildung dieses Hüllblattes in ein Perigonblatt begleitet ist, ein kürzlich entdeckter schöner Beweis für die Abhängigkeit der specifischen Organbildung von der örtlichen Lage des Bildungsmaterials im Organismus.

Die Teratome sprechen indessen dafür, dass die keimesgeschichtliche Entwickelung Mosaikarbeit, aber, wohl gemerkt, auch dafür, dass sie korrelative Mosaikarbeit ist. Denn die normale Korrelation ist in Organismen mit Teratomen zum Teil aufgehoben und in Anarchie der Organe übergeführt worden, was nicht hätte geschehen können, wenn sie vorher nicht bestanden hätte. Zur Begründung dieser Annahme brauchen wir nur auf jene Fälle von Missbildungen zu verweisen, in welchen das Körpergefüge infolge schädigender Einflüsse ganz augenscheinlich gelockert worden ist. Dazu kommt, dass man Missbildungen experimentell durch schädigende Eingriffe hervorgerufen hat. In Bezug darauf seien Versuche genannt, in welchen man dem Seewasser, worin sich Seeigellarven befanden, Lithiumsalze hinzufügte und dadurch die keimesgeschichtliche Entwickelung der betreffenden Larven in ganz andere Bahnen lenkte; ferner die experimentell erzeugten Doppelmissbildungen. Bringt man Seeigellarven in verdünntes Seewasser und darauf zurück in normales, so erhält man zahlreiche Doppellarven. Doppelmissbildungen von Hühnerembryonen kann man dadurch erzielen, dass man Hühnereier vor dem Beginn der Bebrütung grösstenteils mit Firnis überzieht. Dreht man Froscheier um 180 Grad und hält sie in dieser Lage fest, so ruft man gleichfalls Doppelmissbildungen hervor. In diesem Falle ist eine Störung in der Anordnung des Materials des Eizellenleibes eingetreten, dessen einzelne Hauptmassen von verschiedenem specifischen Gewicht sind und sich deshalb nach der Drehung umordnen und dabei durcheinander geraten. Nach alledem können wir nicht daran zweifeln, dass alle Missbildungen Folgen von Störungen der normalen Entwickelung sind, dass in deren Folge Gefügelockerung eintritt, welche die normale Korrelation der Formbildung zum Teil aufhebt.

Dass Missbildungen die Folgen allgemein schädigender Einflüsse sind und nicht mit einer Art Willkür in dem einen oder andern Organ auftreten, ohne dass der übrige Körper in Mitleidenschaft gezogen würde, geht auch aus der relativen Häufigkeit hervor, mit welcher Missbildungen in einem Teil des Körpers von solchen in anderen Organen begleitet sind. So sind Missbildungen der Wirbelsäule und ihrer Anhangsorgane meistens bilateral; d. h. einer bestimmten Variation auf der einen Seite des Körpers entspricht eine ebensolche auf der andern, wenn auch, was wegen der eingetretenen Störung leicht begreiflich, oft nicht in vollkommener Weise. Häufig kommen an einem und demselben Individuum auch Variationen in verschiedenen Teilen der Wirbelsäule vor; aber manchmal ist von diesen nur die eine

Körperseite betroffen. Weiterhin ist es auffällig, dass Verwachsung der Knochen am vordern Körperende gelegentlich, wenn auch nicht immer, mit einer Vermehrung, solche am hintern Körperende mit einer Verminderung der Anzahl der Knochen Hand in Hand geht.

Trotzdem sie durch Störungen der normalen Entwickelung ausgelöst sind, bekunden Missbildungen nicht selten auch ein korrelatives Verhalten. Hierher gehört die Veränderung des normalen Endzahnes der Zahnserie eines Säugetieres, wenn dieser Serie hinten noch ein neuer Zahn angefügt ist. Dann verändert sich der ursprüngliche Endzahn in der Weise, dass er dem normalerweise zweitletzten Zahn gleich wird. Ferner sind u. a. die in einigen Fällen beobachteten harmonischen Umformungen von Gebissen trotz der Hinzufügung überzähliger Zähne hier zu nennen, desgleichen die schon früher erwähnten Fälle von Glocken- und Wucherblumen, in welchen bedeutende Vermehrung der Blütenteile, bezw. teilweise Verdoppelung des Blütenköpfchens gleichwohl zur Entstehung eines harmonischen Ganzen geführt hatte.

Korrelation spielt auch bei der letzten Gruppe von Missbildungen, die wir zu besprechen haben, eine Rolle, nämlich bei denjenigen, die mit einiger Wahrscheinlichkeit als teilweise Rückschläge auf uralte Vorfahren der betreffenden Organismen zu deuten sind. Für das Vorkommen solcher Rückschläge sind zahlreiche Beispiele angeführt worden, die aber wohl nicht alle mit Recht hierher gezählt werden können. So hat man z. B. das Auftreten eines sechsten Fingers beim Menschen gelegentlich als einen Rückschlag aufgefasst, und dieser müsste allerdings auf sehr alte Vorfahren zurückgehen, denn schon die Amphibien sind fünffingerig; man müsste also hier, wie man es auch gethan hat, einen Rückschlag auf fischartige Vorfahren des Menschen, die mehr als fünf Flossenstrahlen hatten, annehmen. Indessen ist zu bedenken, dass überzählige Finger beim Menschen Menschenfinger und keine Fischflossenstrahlen sind, dass also in ihrem Falle von einem eigentlichen Rückschlag nicht die Rede sein kann. Es wird sich dabei auch wohl nur um eine Vermehrung von Organen handeln, die nichts mit Rückschlag zu thun hat. Andere Vorkommnisse überzähliger Organe am Menschen scheinen eher als Rückschläge auf eine weit entfernte Vorfahrenstufe gedeutet werden zu können. Hierhin gehört z. B. die Bildung überzähliger Brüste oder Brustwarzen in denjenigen Fällen, wo diese in regelmässigen Abständen voneinander und symmetrisch zu beiden Seiten des Körpers verteilt sind. Indessen ist dabei Korrelation im Spiel gewesen, denn überzählige Brüste und Brustwarzen des Menschen haben die Charaktere der menschlichen Mamma, bezw. der menschlichen Brustwarze, und nicht die von Mamma und Zitze einer unbekannten ausgestorbenen Säugetierform. Wegen der Korrelation mit ihrer Umgebung mussten die überzähligen Organe

menschliche Charaktere annehmen, so dass nur ein teilweiser Rückschlag eintreten konnte. In der That ist auch kein vollkommener Rückschlag auf eine sehr weit zurückliegende Vorfahrenform bei irgend einer Organismenart bekannt geworden. Als ein teilweiser solcher Rückschlag kann ferner das Vorkommen von Blüten mit regulärer pyramidaler Grundform an Pflanzen, die sonst zweiseitig-symmetrische Blüten haben, betrachtet werden. Dergleichen finden wir gelegentlich beim Leinkraut (Linaria vulgaris) und etlichen anderen Pflanzenarten. Auch das Auftreten einer regelmässigen und scharfen, an die wilder Arten erinnernden Zeichnung der Hauskatze dürfte als ein Rückschlag auf ziemlich weit zurückliegende Vorfahren zu betrachten sein, weil die wahrscheinliche Stammform der Hauskatze, die nubische Falbkatze (Felis maniculata), nur eine wenig ausgedehnte und ziemlich undeutliche Zeichnung besitzt. Wir können auch in Fällen, wo Pflanzen Blattformen erzeugen, die charakteristisch für eine ausgestorbene Art der betreffenden Gattung sind, einen Rückschlag auf eine weit zurückliegende Vorfahrenform annehmen. Solche Vorkommnisse werden, wie wir gesehen haben, bei Eichen und Buchen beobachtet.

Da wir Rückschläge auf weit zurückliegende Vorfahrenformen ausser beim Menschen, dessen Konstitution ja durch das Kulturleben vielen Schädigungen ausgesetzt ist, besonders häufig bei Kulturorganismen finden, so liegt die Annahme nahe, dass es sich auch bei diesen Missbildungen um eine Schädigung der Körperkonstitution, um eine Gefügelockerung, handelt. Das wird namentlich durch jene Vorkommnisse, die man bei Eichen und Buchen beobachtet hat, wahrscheinlich gemacht. Wenn das junge Laub einer Eiche oder Buche durch Maifröste zum Erfrieren gebracht wird oder durch Insektenfrass zu Grunde geht, so wird die Konstitution der betroffenen Zweige zweifellos zeitweilig geschädigt, und nun zeigt es sich, dass gerade an den Nachtrieben solcher geschädigter Baumzweige Sprosse mit Blättern auftreten, welche die Blattformen fossiler Arten der betreffenden Gattung zur Schau tragen, ihnen wenigstens oft in hohem Grade ähnlich sind. Da man nun annehmen kann, dass die betreffenden Pflanzen von jenen fossilen Pflanzen abstammen, oder doch von Arten, die diesen in Bezug auf die Blattform nahe standen, so würde der auslösende Reiz des Rückschlages auf die Blattform eines weit zurückliegenden Vorfahren in einer Schädigung der Konstitution zu suchen sein, weshalb wir auch annehmen dürfen, dass es sich bei den mutmaasslich auf weit zurückliegende Vorfahrenformen erfolgenden Rückschlägen immer um eine solche Schädigung handelt. Schädigungen der Konstitution, Gefügelockerungen, sind jedenfalls die auslösenden Reize für handgreifliche Missbildungen, und diese entstehen aus Baumaterial, das sich ohne jene zu normalen Organen geformt haben würde.

Auf welchem Stadium der keimesgeschichtlichen Entwickelung ein zu Formungsstörungen führender schädigender Reiz einwirkt, lässt sich in Fällen, wo man die Missbildungen nicht experimentell hervorruft, meistens nicht leicht angeben. Häufig wird gewiss schon das befruchtete oder unbefruchtete Ei oder die Samenzelle in ihrer Konstitution geschädigt, sei es durch den elterlichen Organismus, sei es durch andere Reize der organischen oder unorganischen Natur. Dass der Mechanismus des Lebens der Zellen leicht gestört werden kann, weiss man aus Experimenten sowohl als auch aus der pathologischen Gewebelehre. Infolge von Störungen entstehen leicht Zellen mit mehreren Kernen, Centrosomen und Archoplasmasonnen, wie sie übrigens auch normalerweise vorkommen, z. B. in der embryonalen Säugetierleber (Fig. 142) und in Fischkeimen (Fig. 143). Allein bei normalen Vorkommnissen dieser Art handelt es sich um Organisationen, die noch nicht, bei jenen Zellen dagegen um solche, die nicht mehr ge-



142.



143.

Fig. 142—143. Zellen mit mehreren Centrosomen und Archoplasmasonnen.
142. Vielpolige Kernteilungsfigur in einer Zelle der embryonalen Säugetierleber (nach Kostanecki). 143. Dreipolige Kernteilungsfigur in einer Forellenembryozelle (nach Henneguy).

festigt sind, denn Zellen, wie sie in Fig. 142 und 143 abgebildet sind, führen zur Bildung von Komplexen einkerniger Zellen, wie sie für die Wirbeltiere durchweg normal sind, während durch pathologische Processe entstandene vielkernige Zellen, sogenannte Riesenzellen, an die Stelle von Komplexen einkerniger Zellen getreten sind, was bei vielen Processen krankhafter Neubildungen vorkommt.

Der Umstand, dass alle Organismen aus Zellen bestehen, hat zu einer „Cellularpathologie“ geführt, die das Wesen der Krankheit in der kranken Zelle erblickt, in sie die Ursache des Krankseins verlegt und deshalb von „inneren Krankheitsursachen“ spricht, während manche Bakteriologen die Bakterien und andere Krankheitserreger als „äussere Ursachen“ in Anspruch nehmen, und noch andere den Grund der Krankheiten in örtlichen und zeitlichen Bedingungen der Umgebung suchen. Erinnern wir uns unserer Ausführungen über „Ursachen und Reize“, so erkennen wir, dass zum Krankwerden der Zelle mehrerlei gehört. Eine Zelle kann nur dann krank werden, wenn ein schädigen-

der Reiz auf sie einwirkt. Ob sie es aber wirklich wird, das hängt sowohl von ihrer Beschaffenheit und den Umständen als auch von der Qualität und Quantität des sie treffenden Reizes ab. Die Bezeichnung „Cellularpathologie“ ist also geeignet, falschen Anschauungen Vorschub zu leisten; sie ist eingeführt worden, um bestimmten Auffassungen Ausdruck zu verleihen, hätte auch sonst keinen Sinn, da in Organismen, die nur aus Zellen bestehen, nicht gut etwas anderes krank werden kann, als diese. Das Wort „Cellularpathologie“ soll ausdrücken, dass man das Wesen der Krankheit in den Zellen zu suchen hat, was ebenso verkehrt ist, wie es in specifischen Krankheitserregern und zeitlich-örtlichen Umständen zu erblicken. Krankheitsprocesse sind Strukturveränderungen organischer Gebilde, und dazu ist gar vielerlei nötig.

Eine andere Frage ist die, ob Krankheiten nur durch specifische Krankheitserreger ausgelöst werden. Diese Frage wird von manchen Pathologen verneint, die z. B. Krebse und andere Geschwülste auf Zellwucherungen zurückführen, die durch Verlagerungen von Zellen oder durch Verminderung der Resistenz des umgebenden Gewebes veranlasst werden. Aber weder das eine noch das andere kann von selbst eintreten. Schädigende Reize müssen in jedem Falle wirksam gewesen sein, ob solche nun von Bakterien oder anderen specifischen Krankheitserregern ausgehen oder nicht. Diese Reize und die Auslösungsvorgänge aller anderen Processe von Formstörungen zu erkennen, ist eine Aufgabe der Entwickelungsmechanik.

Die Lehrbücher der pathologischen Anatomie, sowie die zusammenfassenden Werke über Missbildungen bei Tieren und Pflanzen bergen viel zum Gegenstande des vorstehenden Abschnittes gehöriges Material. Über Missbildungen bei Tieren aller Klassen hat neuerdings Bateson („Materials for the Study of Variation,“ London 1894) zahlreiche Thatsachen zusammengestellt, von denen in diesem Abschnitt manches verwertet ist. Das letztere gilt auch von den von Pilzen hervorgerufenen Umbildungen, über die Freiherr von Tubeuf in seinem Werke über „Pflanzenkrankheiten durch kryptogame Parasiten verursacht“ (Berlin 1895) berichtet hat. Einiges ist dem Buche von Henslow „The Origin of Plant Structures“ (London 1895) entnommen worden. Die Angaben über Eichen- und Buchenblätter finden sich in einer Reihe von Abhandlungen, die Freiherr von Ettingshausen und Krašan publiciert haben. Einen zusammenfassenden Bericht über die Leptocaphalen hat Günther („An Introduction to the Study of Fishes“, Edinburgh 1880) gegeben. Herbst erzeugte bei Seeigeln die „Lithiumlarven“, andere Forscher haben experimentell Doppelmissbildung hervorgerufen und tierische Eizellen mannigfachen Schädigungen unterworfen (s. Litteraturverzeichnis). Die sich bekämpfenden Anschauungen über die Entstehung der Krankheiten hat neuerdings Hueppe („Naturwissenschaftliche Einführung in die Bakteriologie“, Wiesbaden 1896) einer von uns benutzten Kritik unterzogen.

Besonders wichtig dürfte für die Beurteilung der Teratome und der Geschwülste ein Vergleich des tierischen Organismus mit dem pflanzlichen sein. Es dürfte zwar zweifellos sein, dass es Geschwülste giebt, die Zellen- oder Organverlagerungen ihren Ursprung verdanken. Dass aber alle Geschwülste auf solche Verlagerungen zurück-

zuführen seien, ist mehr als fraglich; diese Annahme wird durch die von Parasiten hervorgerufenen Missbildungen bei Pflanzen geradezu unmöglich gemacht. Wenn einer sie, wie es geschehen ist, dadurch zu begründen sucht, dass er sagt, es müssten sonderbare Parasiten sein, die Zahncysten, denen man massenhaft Zähne entnimmt, hervorrufen, so weiss er nicht, dass es thatsächlich solche sonderbaren Tiere giebt, die ähnliche Leistungen vollbringen. Wir brauchen nur an das zu erinnern, was wir im Haupttexte über durch Milben hervorgerufene Missbildungen an Glockenblumen mitgeteilt haben. Das nun gerade Zahncysten parasitären Ursprungs sind, ist damit nicht gesagt. Denn Parasiten wirken bei der Entstehung von Missbildungen immer nur als Reizträger, als Auslöser. Missbildungen können aber sicher auch durch andere Faktoren ausgelöst werden. In allen Fällen von Formungsstörung müssen es aber schädigende Reize sein, die jene auslösen. Denn von selbst geschieht nichts. Und solche Reize treffen Bildungsmaterial, aus dem normalerweise etwas anderes geworden wäre, wofür die mitgeteilten Thatsachen über Anemone nemorosa (über diese vergl. Haacke, „Entwickelungsmechanische Untersuchungen. II“, Biol. Centralblatt 1896) beweisend sind.

3. Die Formungsrichtungen.

Manche Tier- und Pflanzen-, insbesondere domesticierte Arten beider Reiche, zeichnen sich durch grosse individuelle Formenmannigfaltigkeit aus. Unter den wild lebenden Tieren mag als Beispiel der Kampfhahn (Machetes pugnax) genannt sein, ein Vogel, bei dem man kaum jemals zwei ganz gleiche Männchen findet. Die männlichen Vögel dieser Art unterscheiden sich in der Regel in hochgradiger Weise, so dass man sie zu verschiedenen Species rechnen würde, wenn sie nicht alle zusammen lebten. Ein anderes schönes Beispiel für individuelle Mannigfaltigkeit bietet uns ein kleiner Krebs der nordischen Meere, Idothea tricuspidata, der in den verschiedensten Färbungs- und Zeichnungsformen vorkommt. Unter den Pflanzen ist z. B. das Ackerstiefmütterchen (Viola tricolor) als eine Art aufzuführen, die zahlreiche ndividuelle Verschiedenheiten zeigt. Aber auch die meisten anderen Tier- und Pflanzenarten bieten Beispiele für Reichtum an individuellen Formen. Sehr häufig sind namentlich Zahlenunterschiede bei gleichnamigen Körperstücken. Vermehrung und Verminderung der Anzahl der Blütenteile bei Pflanzen z. B. ist etwas sehr gewöhnliches. Bei Insekten kommen häufig Verschiedenheiten in der Anzahl der Fühler- und Beinglieder vor, und bei Medusen und anderen Nesseltieren, ebenso auch bei Stachelhäutern, solche in der Anzahl der gleichwertigen den Körper zusammensetzenden Stücke, die gegenüber den normalen sowohl erhöht als auch vermindert sein kann.

Aus den Thatsachen des individuellen Polymorphismus geht hervor, dass ein bestimmter Fall der häufigste ist und deshalb als normaler bezeichnet werden kann; und da fragt es sich, ob wir hieraus etwas für oder gegen das allgemeine Vorkommen bestimmter Formungsrichtungen schliessen können. Aus der einen Gruppe von Fällen scheint

mit ebensolcher Bestimmtheit hervorzugehen, dass die Formbildung keine bestimmte Richtung hat, wie aus der andern das Gegenteil. Gäbe es nur die eine oder nur die andere der beiden Gruppen, so würden wir wahrscheinlich schnell mit einer Antwort bei der Hand sein. Dass dieses aber auch dann übereilt sein würde, geht aus folgender Überlegung hervor: Der Organismus ist ein stoffliches Gebilde, das aus einer Anzahl chemischer Verbindungen besteht. Jede chemische Verbindung ist aber durch ihre Zusammensetzung aus verschiedenen Stoffen, die sich bekanntlich in festen Verhältnissen miteinander verbinden, in ganz bestimmter Weise charakterisiert. Deshalb kann jede in einem Organismus befindliche chemische Verbindung, ebenso wie jede andere, nur eine beschränkte Anzahl von Veränderungen erleiden. Jede ist nun in einem bestimmmten Zeitdifferential in einer ganz bestimmten Quantität im Organismus vorhanden; ihre Moleküle sind in eben diesem Zeitdifferential in ganz bestimmter Weise auf verschiedene Körperregionen des Organismus verteilt. Da nun jede Portion des betreffenden chemischen Stoffes in demselben Zeitdifferential ganz bestimmten Einflüssen unterworfen ist, jedes Molekül einer Verbindung auf bestimmte neue Einflüsse nur in ganz bestimmter Weise reagieren, im Organismus aber in einem gegebenen Augenblick nur eine bestimmte Anzahl von Molekülen vorhanden sein kann, so muss die Anzahl der Veränderungen, die ein Organismus oder ein Teil eines Organismus erleiden kann, notwendigerweise eine beschränkte sein. Da aber die allermeisten Moleküle sich in verschiedener Weise verändern können, was insbesondere von den hochzusammengesetzten Molekülen der im Organismus vertretenen sogenannten organischen Verbindungen gilt, so dürfen wir auch da, wo die beobachteten individuellen Verschiedenheiten einer Organismenart eine bestimmte Formungsrichtung erkennen lassen, dennoch nicht behaupten, dass nur diese möglich sei; denn es hängt nicht von der Beschaffenheit des Organismus allein ab, ob er sich nur nach einer oder nach mehreren Richtungen hin verändern kann. Auf die Einflüsse, welche die Moleküle des Organismus erleiden, kommt es eben so sehr wie auf ihre Beschaffenheit an, ob sie sich nach dieser oder nach jener Richtung hin verändern. Kommen die Anstösse, welche die Veränderung eines Organismus herbeiführen, während einer bestimmten Zeitperiode immer von einer Seite, so kann sich der Organismus auch nur nach einer Seite verändern; kommen sie dagegen bald von dieser, bald von jener Seite, so muss sich der Organismus auch bald nach dieser, bald nach jener Richtung umbilden. Wo Häufigkeitsstatistik individueller Formen also ergiebt, dass die Abweichungen von der Norm bestimmten Richtungen folgen, da haben wir zu schliessen, dass die Anstösse dazu gleichfalls aus bestimmten Richtungen kommen, während wir Anstösse aus verschiedenen Rich-

tungen dort voraussetzen müssen, wo die Statistik Abweichungen nach verschiedenen Richtungen hin ergiebt. Und wenn alle Veränderungen jeder Organismenart wirklich nur nach einer Richtung erfolgten, so würden wir daraus den Schluss zu ziehen haben, dass die Anstösse dazu gleichfalls nur aus einer Richtung kommen, nicht aber, dass andere Veränderungen überhaupt nicht möglich seien. Denn wir haben es bei der Veränderung des Organismus lediglich mit chemischen und physikalischen Processen zu thun, und diese müssen denselben Gesetzen wie in der unorganischen Natur gehorchen. Die Frage also, ob die Formbildung der Organismen eine geregelte oder eine ungeregelte sei, haben wir dahin zu beantworten, dass sie zwar eine streng geregelte ist, weil es eben nicht anders sein kann, dass sie aber nicht bloss nach einer Richtung hin erfolgt. Für jeden einzelnen Fall, in welchem auf einen bestimmten Organismus bestimmte Einflüsse einwirken, kann sich dieser Organismus freilich nur nach einer Richtung hin verändern.

Mit obigem Ergebnis ist die uns beschäftigende Untersuchung indessen nicht erledigt. Ganz allgemein genommen ist es unanfechtbar. Aber die Thatsachen liegen so, dass man annehmen muss, bei jeder Organismenart treten bestimmte Veränderungen leichter ein, als andere. Beim Leberblümchen (Hepatica triloba), das in der Regel 6 Perigonblätter hat, beobachtet man häufig Exemplare mit 7 und mehr Perigonblättern, höchst selten solche mit 5. Die typischen Exemplare mit 6 Perigonblättern repräsentieren gewissermaassen eine Gleichgewichtslage, nach welcher hin die Formbildung gerichtet ist, und die, einmal eingenommen, zwar leicht nach der Richtung von mehr, aber schwer nach der von weniger Perigonblättern hin verlassen wird. Denn kultiviert man Leberblümchen, so nimmt die Anzahl ihrer Perigonblätter leicht zu, nicht aber ab. Ebenso dürfte es bei der Sumpfdotterblume (Caltha palustris) sein. Von dieser Art verteilten sich die 416 Blüten eines bestimmten Fundortes nach der Anzahl ihrer Perigonblätter in folgender Weise:

Anzahl der Perigonblätter:	5	6	7	8
Anzahl der Individuen:	72 %	21 %	6 %	1 %.

Blüten mit weniger als 5 Perigonblättern wurden nicht gefunden. Bei anderen Organismen ist die Formbildung zwar auch nach bestimmten Gleichgewichtslagen hin gerichtet, aber sie schwankt um diese Lagen herum nach verschiedenen Seiten hin; Abweichungen von der Norm sind hier nicht nur nach einer Richtung hin möglich, wofür uns die Anzahl der Strahlen in dem Endschirm des Dill (Anethum graveolens) ein Beispiel bietet. Bei 518 Exemplaren dieser Umbellifere wurde die Anzahl der einen endständigen grossen Schirm bildenden kleinen Dolden gezählt, wobei man fand, dass sie von 9—43 wechselte. Sämtliche Vorkommnisse wurden so zusammengestellt, dass die Pflanzen,

welche 9 kleine Dolden oder Strahlen im endständigen Schirm hatten, eine Gruppe bildeten, die mit 10 und 11 Strahlen zusammen wieder eine, und dass die Individuen jeder übrigen Gruppe sich höchstens durch eine Differenz von einem Strahl unterschieden. Auf diese Weise mussten 18 Gruppen entstehen, auf die sich die Individuen folgendermaassen verteilten:

Anzahl der Strahlen	9	10/1	12/3	14/5	16/7	18/9	20/1	22/3	24/5	26/7	28/9	30/1	32/3
Anzahl der Individuen	4	8	24	38	55	74	78	87	57	50	33	9	12

Anzahl der Strahlen	34/5	36/7	38/9	40/1	42/3
Anzahl der Individuen.	12	5	2	1	2

Hieraus geht hervor, dass die Gruppe derjenigen Schirme, die 22 oder 23 Strahlen trugen, am häufigsten repräsentiert war, und dass sich die Häufigkeit von dieser ziemlich in der Mitte stehenden Gruppe annähernd gleichmässig nach beiden Seiten hin abstufte. Wollten wir diese Abstufung graphisch veranschaulichen, so würden wir eine annähernd symmetrische Kurve erhalten. Im Falle von Hepatica und Caltha ist die Kurve jedoch vollständig unsymmetrisch, indem sie von ihrem Gipfelpunkt nur nach einer Seite hin abfällt. Zahlreiche statistische Untersuchungen über die hier vorliegende Frage haben zwei Hauptfälle ergeben: Entweder stufen sich von der Gruppe des am häufigsten repräsentierten Falles die weniger häufigen nach beiden Seiten annähernd gleichmässig ab, oder die Abstufung findet im wesentlichen nur nach einer Seite hin statt. Dass in Bezug auf die Abweichungen von der Norm verschiedene Möglichkeiten gegeben seien, ist von vorn herein wahrscheinlich; denn die Organismen lassen sich mit Maschinen vergleichen, und wir können uns eben so leicht Maschinen denken, an denen sich diese oder jene Räder nach zwei Seiten hin drehen können, wie solche, wo eine Drehung nur nach einer Seite hin erfolgen kann. Ein frei aufgehängtes Pendel kann nach allen möglichen Richtungen hin schwingen; das einer schwarzwälder Uhr vermag sich nur in einer Ebene zu bewegen. Ob die Anzahl der Veränderungen, die ein Organismus erleiden kann, eher nach dieser oder nach jener Richtung hin erfolgt, und ob sie gross oder klein sei, hängt also in jedem einzelnen Falle von dem Bau des betreffenden Organismus ab.

Da der Bau des Organismus ein ganz bestimmter ist, und die Anstösse zu Veränderungen, wenn auch oft aus einer grossen, so doch

immer nur aus einer naturgemäss beschränkten Anzahl von Richtungen kommen können, oder, genauer ausgedrückt, naturgesetzlich qualitativ und quantitativ bedingte sind, so ist es nicht zu verwundern, dass der individuelle Polymorphismus der Organismenarten keine Willkür erkennen lässt. Die Anzahl der Abänderungsmöglichkeiten ist zwar manchmal sehr, aber keineswegs unendlich gross. Am regellosesten scheinen noch die Missbildungen aufzutreten; aber auch sie sind der Form und Anzahl nach naturnotwendig beschränkt. Und was die leichten Abweichungen jedes einzelnen Individuum von der Norm anlangt, so ist deren naturgesetzmässige Beschränkung leicht festzustellen, wenn man einzelne Organe oder, besser noch, Organteile ins Auge fasst. Der Organismus besteht ja, wie wir früher gesehen haben, aus Formbildungsherden, deren jeder von bestimmter Grösse und Qualität ist, also auch nur bestimmte Veränderungen erleiden kann. Deshalb treten die Abänderungen einzelner Körperteile in der Regel nach wenigen bestimmten Richtungen hin auf, was sich z. B. bei den Schmetterlingen leicht feststellen lässt. Jeder Quadratmillimeter des Schmetterlingsflügels zeigt, so viele Individuen man auch untereinander vergleichen mag, nur einen sehr beschränkten Polymorphismus.

Die Formbildungsrichtungen der Organismen verteilen sich auf drei Hauptgruppen. In der ersten kann man die Fälle von Rückbildung (nicht „Rückschlag“) von Kulturorganismen in die wilde Stammform zusammenfassen. Kulturformen können sich nämlich im Laufe einer Reihe von Generationen allmählich wieder in die wilde Stammform oder wenigstens in eine dieser sehr ähnliche Form zurückbilden, und zwar dann, wenn sie ähnlichen Existenzbedingungen ausgesetzt werden, wie die es sind, unter denen die wilde Stammform lebt. Wenn z. B. Kaninchen oder Schweine verwildern, so nehmen sie wieder im Laufe einiger Generationen die Charaktere des wilden Kaninchens, bezw. des Wildschweines, an, wie man es bei den Kaninchen in vielen Ländern, bei den Schweinen z. B. in Neuseeland beobachtet hat. Alle Kulturorganismen sind der Entartung ausgesetzt. Sie haben wahrscheinlich im Laufe der Generationen eine Schwächung ihrer Konstitution, eine Gefügelockerung erlitten, weshalb sie auch leicht abändern und ihre Eigenschaften nicht so sicher fortpflanzen, wie wildlebende Organismen. Wenn sie aber den Existenzbedingungen ihrer wilden Vorfahren ausgesetzt werden, so findet eine Rekonstitution, eine Wiederfestigung des Körpergefüges und auf diese Weise eine allmähliche Rückkehr zur wilden Stammform statt.

Die Formbildungsrichtungen einer zweiten Gruppe lassen sich nicht wohl anders deuten als stammesgeschichtliche Fortschritte. Dergleichen kann man bei Eichen und Buchen beobachten. Vergleicht man jetzt auf der Erde lebende Eichenarten untereinander und mit

den bekannt gewordenen ausgestorbenen Species der Gattung Quercus in Bezug auf ihre Blattform, so findet man unter den heute lebenden erstens solche, die sich in Bezug auf ihre Blattformen weit von den ausgestorbenen Arten entfernen, und zweitens solche, welche diesen ähnlich sind. Und da sich die mutmaassliche Stammesreihe der Form des Eichenblattes mit grosser Sicherheit feststellen lässt, wobei man findet, dass die ursprüngliche Blattform der Eiche durch kleine mehr oder minder elliptische oder ovale Blätter dargestellt wird, während die höchst entwickelten Eichenblätter sehr gross, am Rande tief ausgebuchtet sind und auf allerhöchster Entwickelungsstufe Blattfiedern mit gleichfalls ausgebuchteten Rändern haben, so lässt sich in den Fällen, wo eine Eiche Blattformen produciert, die von denen ihrer Art abweichen, leicht feststellen, ob es sich hier um einen Rückschlag oder um einen stammesgeschichtlichen Fortschritt handelt. Es kommen nämlich einerseits bei heute lebenden Eichen, die auf einer mehr oder weniger mittleren Entwickelungsstufe in Bezug auf ihre Blattform stehen, Formenabweichungen nach der Richtung ausgestorbener Eichen, anderseits solche nach der Richtung heute lebender Arten mit einer weiter fortgeschrittenen Blattform vor, und die Abweichungen dieser letzteren Art lassen sich nur als stammesgeschichtliche Fortschritte auffassen. Im allgemeinen deuten die Gestaltungen der Blätter am Nachtrieb, der sich an Bäumen oder Sträuchern mit verschiedenartigen Blattformen im Sommer entwickelt, entweder auf eine Annäherung an eine frühere Vorfahrenform, oder auf einen Fortschritt hin, der erst in der Zukunft zur Umgestaltung sämtlicher Blätter der betreffenden Art führt. Es können aber auch rück- und fortschrittliche Blattformen miteinander gemischt sein. Gewöhnlich gilt für eine und dieselbe Pflanzenart nur der eine oder der andere dieser drei Fälle. Indessen hängt dies nicht von der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gattung ab. Die Silberpappel (Populus alba) z. B. trägt an den Sommertrieben eine Blattform, für die sich keine ähnlichen Formen bei ausgestorbenen Pappelarten finden. Dagegen erzeugt die Zitterpappel (P. tremula) herzförmige Blätter mit gleichmässiger Zähnelung, die mit Drüsen an den etwas einwärts gebogenen Zahnspitzen versehen sind und sehr gut mit den Blättern einer Oligocänpappelform, nämlich mit denen von Populus palaeomelas, übereinstimmen.

Stammesgeschichtliche Fortschritte kommen auch bei einer Art von Spechten vor, die normalerweise vier Zehen an jedem Fuss hat, gelegentlich aber auch nur deren drei haben kann. Die allermeisten Spechtarten haben vier Zehen. Indessen ist eine der beiden nach hinten gerichteten Zehen des Spechtfusses, und zwar diejenige, die der einzigen Hinterzehe anderer Vogelfüsse entspricht, bei den allermeisten Spechtarten mehr oder weniger verkümmert. Da es aber verschiedene Specht-

arten giebt, bei denen diese Zehe fehlt, und da es als sicher angenommen werden kann, dass auch diese Spechtarten von vierzehigen Vorfahren abstammen, so haben wir einen stammesgeschichtlichen Fortschritt vor uns, wenn wir, wie es bei dem nordamerikanischen Dryobates pubescens der Fall ist, gelegentlich Individuen mit nur drei Zehen antreffen.

Neben den beiden Gruppen der Fort- und Rückbildung steht als dritte Kategorie der Formbildungsrichtungen diejenige, der die zahllosen individuellen Formen angehören, die sich nicht einer der beiden ersten Gruppen zuweisen lassen. Dass die Anzahl der hierher gehörigen Formen keine unendlich grosse sein kann, haben wir bereits gesehen. Ob wir es aber bei einer individuellen Form wirklich mit einer Umbildung zu thun haben, bedarf in jedem einzelnen Falle einer genauen Untersuchung. Man spricht nämlich oft von variablen, veränderlichen Organismenarten, ohne scharf zwischen eigentlicher Variabilität oder Veränderlichkeit und Polymorphismus oder Vielförmigkeit zu unterscheiden. Es ist aber klar, dass eine Organismenart sehr vielförmig sein kann, ohne dass sie gerade einer starken Variabilität zu unterliegen braucht, und denkbar ist es, dass eine Tier- oder Pflanzenspecies ebenso viele verschiedene Formen aufweist, wie das Alphabet Buchstaben zählt, und dass trotzdem die Form *a* immer wieder die Form *a*, die Form *z* unter allen Umständen wieder die Form *z* erzeugt, dass also gar keine Veränderlichkeit vorliegt. Von dieser würde man nur sprechen können, wenn etwa die Form *d* leicht die Formen *b* oder *h* oder *c* oder *y*, die Form *m* leicht *g* oder *p* oder *z* oder *a*, oder *d* wenigstens *c* und *e*, *m* zum mindesten *l* und *n* erzeugen könnte. In Fällen, wo es nicht feststeht, ob Variabilität oder nur Polymorphismus vorliegt, kann also nur das Experiment Aufschluss geben, und das mag dann Arten, deren Individuen in der freien Natur, weil unter denselben Bedingungen lebend, sehr uniform sind, als stark veränderlich darthun und polymorphe Species als in ihren einzelnen Formen sehr beständig. Aber die Ergebnisse einschlägiger Zuchtversuche können leicht falsch gedeutet werden. Sie können grosse Veränderlichkeit vortäuschen, wo in Wirklichkeit nur geringe besteht. Man hat nämlich dabei auch mit den Thatsachen der Formenmischung zu rechnen, die wir im folgenden Abschnitt kennen lernen werden.

Darauf, dass Polymorphismus und Variabilität nicht verwechselt werden dürfen, machte schon Nägeli („Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre", München 1884) aufmerksam. Trotzdem liegen Untersuchungen darüber nur in ungenügender Anzahl vor. Hervorzuheben sind unter diesen die Arbeiten von Freiherrn von Ettingshausen und Krašan, denen unsere Mitteilungen über Eichenblätter entnommen sind, und die von Eimer über Tiere, insbesondere Schmetterlinge. Die Botaniker Ludwig, de Vries u. a. haben neuerdings über Häufigkeitsstatistik der Individualformen bei Pflanzen gearbeitet. Eine Abhandlung des letzteren („Über

halbe Galton-Kurven", Ber. d. deutsch. bot. Ges., 1894) enthält die im Haupttexte dieses Abschnittes benutzten Angaben über Caltha und Anethum. Der englische Anthropologe Galton, dem zu Ehren de Vries den Terminus „Galton-Kurven" für Häufigkeitskurven von Individualformen eingeführt hat, ist der Begründer der betreffenden Forschungsmethode, die in Zukunft sicher noch wertvolle Früchte tragen wird.

4. Die Formenmischung.

Stammt ein Organismus von zwei elterlichen Organismen ab, deren Bau mehr oder weniger verschieden ist, so liegt eine Formenmischung vor. Die Formenmischungen lernen wir am besten an einigen Beispielen kennen.

Paaren wir gewöhnliche weisse Mäuse mit schwarz und weiss gefleckten japanischen Tanzmäusen, so erhalten wir in der zweiten Generation entweder einfarbig schwarze oder einfarbig graue Mäuse, die höchstens an dieser oder jener Stelle, in der Regel am Bauche oder an der Stirn, einen ganz kleinen weissen Fleck haben können, sehr häufig aber ohne alles Weiss sind. Lassen wir diese Mäuse sich nun untereinander fortpflanzen, so besteht die folgende Generation manchmal aus sehr verschiedenartigen Individuen, z. B. einfarbig schwarzen, einfarbig grauen und einfarbig weissen Tanzmäusen, schwarz und weiss oder grau und weiss gescheckten Tanzmäusen, schwarzen, grauen und weissen nicht tanzenden Mäusen und schwarz und weiss oder grau und weiss gescheckten nicht tanzenden Mäusen. Setzen wir mit den Mäusen der dritten Generation, indem wir sie nach allen möglichen Richtungen durcheinander kreuzen, die Zucht durch viele Generationen hindurch fort, so erhalten wir doch niemals andere Formen, als solche, welche bei genügend grosser Anzahl der Versuche schon in der zweiten oder dritten Generation auftraten, woraus hervorgeht, dass die Eigentümlichkeiten der nicht tanzenden weissen Mäuse und der schwarz und weiss gescheckten japanischen Tanzmäuse, mit denen wir die Versuche begannen, sich nur nach ganz bestimmten Regeln mischen. Da nun die Zucht sehr häufig wieder Rückschläge auf die beiden ursprünglichen Formen ergiebt, und da man bei Zuchtversuchen mit solchen durch Rückschlag entstandenen Individuen, vorausgesetzt, dass hierbei weisse nicht tanzende Mäuse mit weissen nicht tanzenden Mäusen und schwarz- und weissgescheckte Tanzmäuse mit schwarz- und weissgescheckten Tanzmäusen zur Paarung gelangen, immer wieder den Eltern gleiche Tiere erhält, so haben wir zu schliessen, das das Bildungsmaterial in den gekreuzten Tieren zwar durcheinander gemengt, aber nicht zu einer einheitlichen Masse verschmolzen ist, und dass es auch leicht wieder entmischt werden kann. Es geht also mehr oder weniger unverändert durch die Kreuzungstiere hindurch, weshalb wir den individuellen Polymorphismus, mit dem wir es in solchen Fällen zu thun haben,

den Mischungspolymorphismus, streng von der auf wirklicher Variabilität beruhenden Vielförmigkeit zu unterscheiden haben. Freilich müssen wir fragen, ob gegenseitige Beeinflussung der Bildungsmaterialien unserer Mäuse völlig fehlt, und ob ihr etwaiges Fehlen den Schluss gestattet, dass es auch bei allen andern Organismen so sei. Auf beide Fragen können wir erst später eingehen.

Von den Erscheinungen des Mischungspolymorphismus spricht man gewöhnlich als von Thatsachen der Vererbung. In der Regel vererben sich in äusserlich sichtbarer Weise sowohl väterliche als auch mütterliche Charaktere auf die Nachkommen. Wo dieses der Fall ist, kann man von einer doppelten oder zweiseitigen Vererbung sprechen. Darunter ist aber nicht etwa die Auffassung zu verstehen, dass die männlichen Nachkommen eines Elternpaares ihre primären und sekundären Sexualcharaktere vom Vater, und die weiblichen die ihrigen von der Mutter erben, sondern das Gemischtsein von väterlichen und mütterlichen Charakteren bei den Kindern ist unabhängig von deren Geschlecht. In einem Mulatten sind die Eigenschaften der Neger- mit denen der weissen Rasse gemischt. Ist er männlichen Geschlechts und sein Vater ein Weisser, so wird er gleichwohl eine Mischung der primären und sekundären Sexualcharaktere des männlichen Negers mit denen des männlichen Europäers aufweisen, und für den Fall, dass er ein Weib ist, gilt entsprechendes. So ist es nicht bloss beim Menschen, sondern auch bei vielen anderen Tieren und bei den Pflanzen. Indessen giebt es, wie wir sehen werden, auch Ausnahmen.

Die Vermischung der väterlichen Charaktere mit den mütterlichen in den Nachkommen ist gewöhnlich eine derartige, dass sie in mehr oder weniger harmonischer Weise miteinander verschmolzen sind. Es ist in der Regel eine innige Vermengung der elterlichen Eigenschaften zustande gekommen, so dass jeder Körperteil sowohl väterliche als auch mütterliche hat. Aber es kann auch anders sein. Es giebt Charaktere, die nicht miteinander verschmelzen. Solches beobachten wir gelegentlich an den Nachkommen verschiedenartiger Pflanzen. Kreuzt man Orangen und Citronen, so erhält man Pflanzen mit Früchten, die nicht etwa in der Mitte zwischen Orange und Citrone stehen, sondern aus Teilstücken von Orange und Citrone zusammengesetzt sind. Ähnlicher Beispiele giebt es mehrere. So giebt es eine Goldregenart, die nach dem englischen Gärtner Adam Cytisus adami benannt wurde und die Charaktere zweier verschiedener Goldregenarten, C. laburnum und C. purpurea, nicht verschmolzen, sondern gewissermaassen nur in mehr oder minder unregelmässiger Weise durcheinander gewürfelt, zeigt. Der Ursprung dieses Bastarts ist zwar nicht mit völliger Sicherheit bekannt — er soll nicht aus Samen entstanden sein, sondern durch Pfropfung eines Reises der einen Goldregenart auf

einen Stamm der anderen —; wie dem aber auch sei, es ist bei ihm nicht zu einer Verschmelzung der Charaktere der beiden Arten, denen er seinen Ursprung verdankt, gekommen.

Der doppelten oder zweiseitigen Vererbung steht die einfache oder einseitige gegenüber, die man namentlich bei Menschen leicht beobachten kann. In manchen Familien erscheinen die Eigenschaften des Vaters und die der Mutter bei den Kindern nicht miteinander verschmolzen, sondern alle oder einige Kinder gleichen dem Vater, keine oder etliche der Mutter, und umgekehrt. Daneben kann es freilich auch vorkommen, dass bei einem Teil der Kinder eine Mischung väterlicher und mütterlicher Charaktere sichtbar ist. Bei einseitiger Vererbung gilt der Satz, dass sowohl die Söhne als auch die Töchter sowohl dem Vater als auch der Mutter gleichen können. Bei anderen Tieren und auch bei Pflanzen kann man gleichfalls die Beobachtung machen, dass Kreuzung verschiedener Individuen einseitige Vererbung zur Folge hat. Kreuzt man z. B. weisse Mäuse mit gewöhnlichen grauen Hausmäusen, so gleichen die Nachkommen den letzteren. In anderen Fällen gleicht ein Teil der Nachkommen dem Vater und ein anderer der Mutter. Diese haben wir von denjenigen zu sondern, wo die Nachkommen regelmässig die Charaktere nur der einen elterlichen Form aufweisen, wie es bei der Kreuzung von wilden grauen mit weissen Mäusen der Fall ist. Hier, könnte man sagen, überwiegt die Vererbungskraft der einen Form die der anderen unter allen Umständen. Indessen ist die Bezeichnung „Vererbungskraft“, wofür die Tierzüchter den Terminus Individualpotenz eingeführt haben, unzulässig, da wir uns hüten müssen, dergleichen Kräfte im Organismus anzunehmen. Wir können vielmehr nur sagen, dass bei befruchteten Eiern, in denen verschiedene Erbmassen gemischt sind, die eine einen so überwiegenden Anteil an der Gestaltung des Organismus nimmt, dass das Vorhandensein der anderen sich nicht an den Eigenschaften der aus ihnen entstandenen Formen nachweisen lässt. Vielleicht ist die Annahme gestattet, dass die eine Erbmasse wegen ihrer grösseren Konstitutionsfestigkeit die andere gewissermaassen überwuchert, und, falls diese Annahme erlaubt ist, haben wir sie auch auf diejenigen Fälle doppelter oder zweiseitiger Vererbung auszudehnen, wo väterliche und mütterliche Charaktere zwar im Gesamtorganismus vermischt, aber nicht miteinander zur Verschmelzung gekommen sind: In dem einen Körperteil überwiegt der Einfluss der einen, in dem anderen der der zweiten Erbmasse. Indessen wird die überwucherte Erbmasse wohl nur selten oder vielleicht niemals völlig unterdrückt sein. Sie kann bei den Nachkommen von Individuen, die aus gemischter Erbmasse bestehen, wieder zur Geltung gelangen. Graue Mäuse z. B., die aus einer Paarung von grauen und weissen Mäusen hervorgegangen sind, können

sowohl weisse als auch graue Junge haben, und ähnliche Thatsachen kann man bei anderen Tieren und bei den Pflanzen beobachten. Es hat dann ein Rückschlag auf das grosselterliche Individuum, dessen Charaktere bei seinen Kindern latent blieben, stattgefunden.

Die bei der Formenmischung stattfindenden Rückschläge auf grosselterliche oder etwas weiter in der Vorfahrenreihe zurückliegende Formen sind von denen auf mutmaassliche Urahnen, die wir früher kennen lernten, wohl zu unterscheiden, desgleichen von der allmählichen Rückbildung auf die Stammform bei verwilderten Kulturarten. Bei den uns gegenwärtig interessierenden Rückschlägen kann entweder die eine oder die andere grosselterliche Form wieder rein zur Erscheinung kommen, oder die Charaktere verschiedener Grosseltern sind bei den Enkeln gemischt. Paart man z. B. weisse Mäuse mit schwarz- und weissgescheckten japanischen Tanzmäusen und züchtet man die aus dieser Kreuzung hervorgegangenen Jungen unter sich weiter, so kann man, wie wir gesehen haben, u. a. Mäuse erhalten, welche die Eigenschaft des Tanzens von dem einen ihrer Grosseltern und den totalen Albinismus von dem anderen geerbt haben. Die Mischung der grosselterlichen Charaktere kann bei dem einen Enkel aber eine andere sein als bei dem andern.

Gewisse Vererbungserscheinungen hat man als Fälle sogenannter Kollateralvererbung von den übrigen getrennt. Von Kollateralvererbung spricht man dann, wenn Neffen oder Nichten die Charaktere eines Onkels oder einer Tante zeigen. Die Bezeichnung „Kollateralvererbung“ ist also nicht ganz gerechtfertigt; denn Onkel und Tanten können natürlich nichts auf die Kinder ihrer Geschwister vererben. Es handelt sich in den betreffenden Fällen vielmehr meistens um einen Rückschlag, der entweder sowohl den Onkel, bezw. die Tante, als auch die Neffen, bezw. die Nichten, betreffen kann, oder auch nur die Geschwisterkinder allein. Es kann z. B. der Onkel dem einen seiner beiden Eltern gleichen, und der Neffe gleichfalls die Eigenschaften des Individuums, dem der Onkel gleicht, aufweisen. Dieses Individuum ist aber für den Neffen ein grosselterliches. Es hat also bei ihm ein Rückschlag auf einen der Grosseltern stattgefunden, bei dem Onkel dagegen nicht. Dieser kann ferner einem seiner Grosseltern gleichen, und der Neffe demselben Individuum, das aber für ihn ein urgrosselterliches ist. In diesem Falle hat sowohl bei dem Onkel als auch bei dem Neffen ein Rückschlag stattgefunden. „Kollateralvererbung“ kann aber auch noch auf kompliciertere Weise zustande kommen, worauf wir indessen nicht näher eingehen wollen, da die Erscheinungen der Formenmischung, die zwar sehr verwickelt sind, dadurch in keinem neuen Lichte erscheinen.

Unter den von uns angeführten Fällen von Formenmischung ist

einer zur Mitteilung gelangt, bei dem überhaupt keine Vererbung stattgefunden zu haben scheint. Wir haben gesehen, dass aus der Paarung von weissen Mäusen mit schwarz- und weissgescheckten japanischen Tanzmäusen einfarbig graue Mäuse hervorgehen können. Diese gleichen weder ihrem Vater noch ihrer Mutter und zeigen auch keine Verschmelzung oder Vermischung von deren Charakteren. Aber sie gleichen der wilden Hausmaus (Mus musculus), von der sowohl die weissen Mäuse, als auch die gescheckten japanischen Tanzmäuse abstammen. Hier hat also ein Rückschlag auf die wilde Stammart stattgefunden. Dieser darf weder mit dem Rückschlag auf Grosseltern, noch mit dem auf Urahnen der wilden Stammart, noch auch mit der bei Verwilderung stattfindenden Rückbildung auf diese verwechselt werden. Aus der angeführten Kreuzung können auch einfarbig schwarze Mäuse hervorgehen. Auch diese zeigen weder eine Verschmelzung noch ein Durcheinandergeworfensein elterlicher Charaktere, aber gleichfalls bis zu einem gewissen Grade einen Rückschlag auf die wilde Hausmaus; es handelt sich hier um eine Annäherung an die Stammform, denn die betreffenden Mäuse sind einfarbig, haben höchstens einen ganz kleinen weissen Fleck und gleichen oder ähneln in ihrem Temperament der wilden Hausmaus. Ebenso wie hier hat man sich auch bei andern Kulturorganismen zu fragen, ob es sich nicht um eine Annäherung an eine Stammform handelt, wenn man beobachtet, dass ein Individuum weder einem seiner Eltern gleicht, noch auch deren Charaktere verschmolzen oder durcheinander gemengt zeigt. In solchen Fällen überzeugt man sich oft, dass ein Rückschlag auf die wilde Stammform vorliegt, oder dass wenigstens eine Annäherung an diese stattgefunden hat. Aus einer Kreuzung eines Dalmatinerhundes, also einer Hunderasse, deren Fell auf weissem Grunde zahlreiche kleine runde schwarze Flecke trägt, mit einer südamerikanischen Nackthündin, die einfarbig grau war, ging u. a. ein schwarzes Junges hervor, das die gelbbraunen Abzeichen der echten schwarzen Dachshunde hatte. Schwarze Hunde mit solchen Abzeichen kommen aber nicht bloss bei den Dachshunden, sondern auch bei anderen Hunderassen vor, und wenn es auch keine Wildhundart giebt, die diesen Zeichnungs- und Färbungscharakter zeigte, so findet man bei einer Umschau unter den Arten der Gattung Canis doch bald, dass die meisten von ihnen an die Färbungscharaktere der schwarzen Dachshunde erinnern, so dass man bei solchen Haushunden, die diese Färbungs- und Zeichnungscharaktere aufweisen, eine Annäherung an die wilden Vorfahren der Haushunde annehmen kann.

Aber wir dürfen nicht vergessen, dass alle solche Rückschlagsformen, wie wir sie in den oben erwähnten grauen Kreuzungsmäusen und in dem von Dalmatiner mit Nackthündin gezeugten Hündchen vor

uns haben, nur Mischformen, nur durch Mischung verschiedener Bildungsstoffe zustande gekommen sind. Denn die Nachkommen solcher Tiere schlagen auch, wie wir bereits gesehen haben, leicht wieder auf die eine oder die andere oder zugleich auf beide gekreuzte Stammformen zurück. Den Mechanismus dieser Form des Rückschlages kann man sich leicht an einem symbolischen Schema veranschaulichen. Wenn das Bildungsmaterial der einen von zwei gekreuzten Rassen *a*, und das der anderen *b* genannt wird, so entstehen aus der Kreuzung dieser beiden Rassen Individuen mit dem Bildungsmaterial *a b*. Man kann nun annehmen, dass die Vorgänge der Ei- und Samenzellenreifung dazu führen, dass die zur Befruchtung gelangenden Keimzellen entweder nur den Bildungsstoff *a* oder nur den Bildungsstoff *b* einschliessen. Paaren wir also zwei Individuen, deren jedes aus den Bildungsstoffen *a* und *b* besteht, miteinander, so kann sowohl das erste als auch das zweite Individuum Keimzellen erzeugen, die entweder den Bildungsstoff *a* oder den Bildungsstoff *b* enthalten. Durch die Paarung der beiden Individuen können also Vereinigungen von *a* und *a*, von *b* und *b* und von *a* und *b* zustande kommen. Je nachdem das eine oder das andere geschieht, erfolgt wieder ein Rückschlag auf eine der beiden Stammformen, oder es entsteht wieder ein Mischling, der nun freilich nicht wieder äusserlich der wilden Stammform zu gleichen braucht, sondern die Charaktere der beiden gekreuzten Rassen in eigentümlicher Kombination zeigen kann, wie wir es bei den Mäusen kennen gelernt haben. Aber auch in dem Falle, wo er der wilden Stammform gleicht, unterscheidet er sich von dieser doch noch dadurch, dass er seine Eigenschaften nicht mit Sicherheit zu vererben vermag, auch wenn er mit seinesgleichen gepaart wird. Der hier stattfindende Rückschlag beruht nicht auf Variabilität, wie es die allmähliche Rückbildung verwilderter Kulturorganismen auf die wilde Stammform thut, sondern gehört in das Gebiet des Mischungspolymorphismus.

Wir haben den Mischungspolymorphismus namentlich deshalb besprochen, weil er scharf von dem, was wir in diesem Buche Variabilität nennen, zu trennen ist. Jedenfalls ist so viel sicher, dass wir Mischungspolymorphismus und Variabilität begrifflich streng auseinander halten müssen, weil in jedem einzelnen Falle Untersuchungen darüber anzustellen sind, wie sich bezügliche Erscheinungen in der Natur auf diese zwei Kategorieen verteilen lassen. Man kann von vornherein die Möglichkeit annehmen, dass beim Mischungspolymorphismus die miteinander gemischten verschiedenartigen Bildungssubstanzen mehr oder weniger unverändert bleiben, und dass die Verschiedenartigkeit von Tieren und Pflanzen, die aus Kreuzungen verschiedener Rassen entstanden sind, der Hauptsache nach auf verschiedenartigen Mischungen

der Bildungsmaterialien beruhen. Diese Annahme kann man auch auf die Individuen freilebender Tier- und Pflanzenarten ausdehnen und sagen, dass die sich hier findenden individuellen Eigentümlichkeiten zum Teil wenigstens darauf beruhen, dass bald diese, bald jene Mischung der Bildungsmaterialien zustande kommt, dass die Bildungsmaterialien selbst aber nicht eben sehr verändert durch die Individuen hindurchgehen und von den Eltern in annähernd derselben Beschaffenheit den Kindern überliefert werden, in der die Eltern sie von den Grosseltern erhielten. Die Eltern würden die Bildungsmaterialien auf ihre Kinder nur in anderer Weise verteilen, als die Grosseltern es thaten. In der That ist die Ansicht aufgestellt worden, dass alle Verschiedenartigkeit der aus mehr als einer Zelle bestehenden Tiere und Pflanzen nur darauf zurückzuführen sei, dass bald diese, bald jene Mischung von Bildungssubstanzen in den einzelnen Individuen vorhanden sei.

Wir haben die vorstehend besprochene Möglichkeit um so mehr zu berücksichtigen, als Mischungspolymorphismus mit dem, was wir Variabilität genannt haben, Hand in Hand gehen kann. Ein Beispiel wird dies klar machen: Bei uns in Deutschland sind, wie die Thatsachen lehren, im wesentlichen zwei verschiedene Menschentypen miteinander gemischt, nämlich blonde Langköpfe, wie wir sie kurz nennen wollen, und schwarze Kurzköpfe. Man kann nun entweder annehmen, dass die Verschiedenartigkeit der Individuen nur durch verschiedene Mischung zustande kommt, und dass das ursprüngliche Bildungsmaterial seit der deutschen Urzeit nicht verändert worden ist, oder, dass eine Veränderung stattgefunden hat, dass z. B. das Bildungsmaterial der blonden Langköpfe im Laufe der Zeit in bestimmter Weise umgebildet worden ist, so dass, wäre es rein vorhanden, die Menschen gegenwärtig noch langköpfiger und noch blonder als früher, oder weniger langköpfig und weniger blond, oder auch langköpfiger und weniger blond, oder endlich blonder und weniger langköpfig sein würden, wobei wir ununtersucht lassen wollen, welche Annahme auf Grund der Thatsachen die meiste Wahrscheinlichkeit hat. Entsprechendes kann man für die dunklen Kurzköpfe annehmen. Wenn diese seit den letzten zwei Jahrtausenden allein in Deutschland gewohnt hätten, so wären sie möglicherweise jetzt langköpfiger und weniger dunkel, oder vielleicht auch kurzköpfiger und stärker dunkel, oder auch langköpfiger und dunkler, oder endlich kurzköpfiger und weniger dunkel.

Des Weiteren ist die Annahme gestattet, dass die eine oder die andere von diesen Veränderungen trotz der steten Durcheinandermengung der Bildungsmaterialien der beiden ursprünglich verschiedenen Rassen doch bei jeder dieser Rassen eingetreten, und dass die Abänderung der Individuen nicht bloss auf den Mischungspolymorphismus zurückzuführen, sondern dass auch eine Veränderung der Bildungsmaterialien, ganz un-

abhängig vom Mischungspolymorphismus, zustande gekommen ist. Noch klarer wird das, worum es sich hier handelt, durch folgendes Beispiel werden: Es handle sich um zwei verschiedene Rassen von Organismen, die miteinander gekreuzt werden. Das Bildungsmaterial der Rasse *A* wollen wir *a* nennen, und das der Rasse *B b*; wir wollen ferner annehmen, dass sich *a* und *b* nur in gleichen Quantitäten mischen. Entweder kann sich dann *a* mit *a* zur Bildung eines Individuum verbinden, oder *a* mit *b*, oder *b* mit *b*. Kommen zwei Individuen zusammen, die beide den Bildungsstoff *a* haben, so können auch die Nachkommen nur *a* erhalten. Entsprechendes gilt für Individuen mit dem Bildungsstoff *b*. Wenn sich jedoch Individuen, die aus beiden Bildungsstoffen bestehen, mit eben solchen oder mit reinrassigen Individuen paaren, so können aus dieser Verbindung entweder Individuen, die aus $a + a$, oder solche, die aus $b + b$, oder auch solche, die aus $a + b$ entstanden sind, hervorgehen. Verbinden sich Individuen aus *a* mit Individuen aus *b*, so können die Nachkommen natürlich nur aus einer Mischung von *a* und *b* bestehen. Dieses alles wollen wir wenigstens hier annehmen. Nun kann man sich vorstellen, dass im Laufe der Zeit infolge bestimmter Einflüsse, die nichts mit der Mischung verschiedener Bildungsmaterialien zu thun haben, das Bildungsmaterial *a* in α und das Bildungsmaterial *b* in β verwandelt würde. Wir würden nunmehr Individuen haben, die sich zwar von ihren Vorfahren unterscheiden, aber es würde noch immer so sein, dass wir entweder Individuen haben, die aus dem einen oder solche, die aus dem andern Bildungsstoff, oder auch solche, die aus einer Mischung beider Bildungsstoffe bestehen. Es hätte hier also eine Veränderung unabhängig von der auf Mischung verschiedenen Bildungsmaterials beruhenden Vielförmigkeit stattgefunden. Dass solches wirklich möglich ist, ist eine nicht von der Hand zu weisende Annahme, und eben deswegen müssen wir Formenmischung und Variabilität streng auseinander halten, obwohl sie Hand in Hand gehen können. Wo wir eine polymorphe Art antreffen, da haben wir in allen Fällen zu fragen, ob es sich dabei um Polymorphismus mit oder ohne Formenmischung und mit oder ohne Variabilität handelt.

Dass Variabilität unabhängig von Formenmischung bestehen kann, lehren die Fälle von sogenannter Knospenvariation, der z. B. Blutbuchen, Blutbirken und andere Blutbäume ihre Entstehung verdanken, ferner jene Vorkommnisse, wo Tiere und Pflanzen abändern, die sich durch Teilung oder auch parthenogenetisch, d. h. ohne Befruchtung, fortpflanzen, wie man es z. B. bei niederen Pflanzen, in Sonderheit Bakterien, und bei kleinen Krustaceen beobachtet hat. Auch der Fall der ceylonischen Kirschbäume, die den regelmässigen Laubfall ihrer Vorfahren aufgegeben haben, wird hierher gehören; denn wahrscheinlich

haben sich die nach Ceylon verbrachten Kirschbäume und ihre Nachkommen lediglich oder doch wenigstens vorwiegend durch Stecklinge und Pfropfreiser fortgepflanzt. Wer Studien über Variabilität anstellen will, thut gut daran, mit Organismen, die sich ungeschlechtlich oder parthenogenetisch fortpflanzen, zu experimentieren, weil bei diesen die Fehlerquelle, die dem Mischungspolymorphismus entspringt, ausgeschlossen ist.

Über Formenmischung und Mischungspolymorphismus ist vielerlei geschrieben worden, ohne dass es bis jetzt gelungen wäre, wirkliche Vererbungsgesetze aufzustellen. Publikationen über systematische, durch viele Generationen hindurch fortgesetzte Untersuchungen darüber sind noch ein Desideratum. Da solche Untersuchungen kostspielig, umständlich und langwierig sind, so darf man erwarten, dass der Staat die Bedeutung der Pflicht, die ihm aus der theoretischen und praktischen Wichtigkeit der Feststellung von Vererbunggesetzen erwächst, erkennen und dieser Pflicht durch Errichtung von Instituten, deren Aufgabe einschlägige Untersuchungen sind, nachkommen wird.

Sechstes Hauptstück.

Vom Mechanismus der Stammesgeschichte.

1. Die Stammeserhaltung.

Fast alle heute lebenden Forscher auf biologischem Gebiete sind Anhänger der Abstammungslehre, und keiner ihrer Gegner hat bis jetzt den Nachweis erbracht, dass sie unhaltbar ist. Wir haben also mit ihr zu rechnen, die Probleme, die sie uns stellt, kennen zu lernen und zu untersuchen, welchen allgemeinen Verlauf die Stammesgeschichte genommen haben muss; wir haben den Mechanismus der phylogenetischen Entwickelung festzustellen.

Die Abstammungslehre ist mit wenigen Worten charakterisiert: Sie nimmt an, dass die heute lebenden Tier- und Pflanzenformen von anders geformten Organismen früherer Zeiten abstammen. Auf welche Weise die stammesgeschichtliche Umbildung der Formen zustande kommt, darüber bestehen freilich sehr verschiedene Auffassungen.

Von vornherein müssen wir betonen, dass die Abstammungslehre, sofern sie zur Entwickelungsmechanik gehört, die sogenannte Zweckmässigkeit der Organismen nicht erklären kann. Mechanistischer Wissenschaft ist solches überhaupt unmöglich. Der Naturforscher ist, so lange er exakte Forschungsarbeit vor sich hat, kein Teleologe. Als exakte Biologen sind wir lediglich Entwickelungsmechaniker, die das Wie und Warum, nicht das Wozu interessiert. Dieser Standpunkt ist zwar ein einseitiger, und wer das Bedürfnis dazu hat, mag sich gern auf das Gebiet der Teleologie begeben, das vielleicht noch eine grosse Zukunft hat. Nur muss sich der Teleologe darüber klar sein, dass er als solcher kein exakter Forscher ist, und dasselbe hat sich auch der Dysteleologe zu merken. Ob das Naturgeschehen einem Zweck entspricht oder nicht, ist eine Frage, die von der exakten Wissenschaft nicht beantwortet werden kann, und wer diese für die Entwickelungsmechanik unlösbare Frage zu lösen sucht, verlässt damit das Gebiet unserer Wissenschaft. Der exakte Forscher dagegen kümmert sich weder um Zweck, noch

um Nichtzweck, sondern lediglich um Naturgesetzlichkeit. Die sogenannte Zweckmässigkeit der Natur, insbesondere der organischen, nimmt er einfach als gegeben hin, und er fragt nur, wie und wodurch ist diese oder jene Form entstanden, wie greifen diese oder jene Teile des Organismus ineinander, wie verhält sich der Organismus zu seiner Umgebung, was ermöglicht insbesondere die stammesgeschichtliche Entwickelung, die Stammeserhaltung?

Um die Frage nach den Bedingungen der Stammeserhaltung zu beantworten, braucht man eine Theorie der zufälligen Formbildung, zu der viele, wenn nicht die meisten, heutigen Biologen neigen, nicht von vornherein zu verwerfen. So lange eine solche Lehre nichts weiter will, als das Geschehen in der Natur, wenn auch nur hypothetisch, beschreiben, bleibt sie innerhalb der Grenzen der exakten Wissenschaft, die sie erst verlässt, sobald sie sich mit Zweck und Nichtzweck abgiebt. Sie hält aber einer Prüfung nicht Stand.

Was eine entwickelungsmechanisch legitime Theorie der zufälligen Formbildung, ebenso wie jede andere, zunächst zu leisten hätte, wäre eine hypothetische Beschreibung der Art und Weise, auf welche die verschiedenen erhaltungsmässigen Organismenformen zustande kommen, d. h. die Formen derjenigen Tiere und Pflanzen, die das Alter der Fortpflanzungsfähigkeit erreichen und von der letzteren, sofern sie es können, Gebrauch machen, — sofern sie es können; denn es giebt Organismen, z. B. die Arbeiterinnen der Ameisen, die sich nicht fortzupflanzen vermögen. Das Princip einer Theorie der zufälligen Formbildung insbesondere müsste das eines Überlebenbleibens der zufälligerweise für ihre Umgebung erhaltungsmässig ausgestatteten und zur Fortpflanzung ihres Stammes befähigten unter allen möglichen, also auch unter vielen nicht erhaltungsmässig gebildeten, Individuen einer Organismenart sein, ein Princip, nicht der notwendigen, sondern der rein zufälligen Stammeserhaltung. Demnach muss eine derartige Lehre Abänderungen der Individuen und ihrer Teile nach allen denkbaren Richtungen annehmen. Die Unmöglichkeit einer solchen Theorie muss aber dadurch dargethan werden, dass man den Angriff auf das richtet, was ihre Quintessenz ausmachen würde, nämlich auf die Annahme einer zufälligen Variation, einer ungeregelten Abänderung des Organismus und seiner Konstituenten nach allen Richtungen. Mit dem Nachweis, dass diese Annahme zulässig, bezw. mit dem, dass sie unmöglich ist, steht und fällt jede Theorie der zufälligen Formbildung. Wir werden also zu zeigen haben, dass man einem Irrtum zum Opfer fällt, wenn man das Gebäude einer Theorie der trotz phylogenetischer Umbildung erfolgenden Stammeserhaltung der Organismen auf dem Fundamente jener Annahme errichtet, dass dieses Fundament der Festigkeit entbehrt, dass die eine Therorie der zufälligen Formbildung charakterisierende

Grundannahme, nämlich die einer ungeregelten Abänderung des Organismus und seiner Teile nach allen Richtungen hin, unmöglich ist.

Bei unserem Unternehmen darf es uns nicht etwa einfallen, die Verschiedenheit der Individuen einer Organismenart leugnen zu wollen. Vielmehr haben wir zuzugeben, dass es nicht eine einzige Organismenart giebt, bei der auch nur zwei Individuen in jeder Beziehung einander gleich wären. Wir dürfen auch nicht bestreiten, dass alles zu Grunde geht, was nicht unbedingt den von der Umgebung gestellten Ansprüchen genügt. Dass nur das Erhaltungsmässige überlebt, das Nichterhaltungsmässige aber zu Grunde geht, ist eine Annahme, bei der man, weil es sich um selbstverständliche Dinge handelt, nicht gut mehr von Ansicht sprechen kann.

Durch obige Ausführungen machen wir scheinbare Zugeständnisse an eine Theorie der zufälligen Formbildung, weshalb der eine oder der andere vielleicht denken wird, dass wir uns unbewussterweise zu ihr bekennen; denn eine solche Theorie hätte ja gerade das Erhaltungsmässige überleben, das Nichterhaltungsmässige aber zu Grunde gehen zu lassen. Aber wenn eine Zufallslehre überhaupt möglich sein soll, dann muss auch die Anzahl der im Laufe einer Fortpflanzungsperiode erzeugten Individuen einer Organismenart so gross sein, dass das Auftreten einer genügenden Anzahl erhaltungsmässiger und fortpflanzungsfähiger, also stammerhaltender, Individuen auch wirklich ein zufälliges genannt werden kann. Werden immer unverhältnismässig viel mehr stammerhaltende Individuen, Stammhalter, erzeugt, als es eine Theorie der zufälligen Formbildung zulassen darf, so kann die Erzeugung dieser Individuen keine zufällige sein. Es lässt sich aber unschwer darthun, dass die Anzahl der erzeugten Stammhalter hinter der der zum Untergang und zur Kinderlosigkeit geborenen Individuen ganz unverhältnismässig viel weiter zurück bleiben müsste, als sie es thatsächlich thut, wenn die Prämissen, die eine Theorie der zufälligen Formbildung zu machen hätte, zulässig wären.

Wir wählen, um uns unserer Aufgabe zu entledigen, den Fall der stammerhaltenden Umbildung einer Vogel-, und zwar einer sogenannten Deck- oder Konturfeder, wie sie z. B. durch eine Schwungfeder dargestellt wird.

Der Kiel einer Schwungfeder ist mit den Ästen oder Ramis der Fahne besetzt; die tragen sogenannte Radien, und diese Cilien, an welch' letzteren in manchen Fällen endlich noch kleine Häkchen oder Hamuli sitzen. Die Hamuli sind von der grössten Bedeutung für die Flugfähigkeit des Vogels und damit für die Erhaltung seines Stammes, weil die Radien und folglich auch die Rami durch sie allein zur Bildung einer zusammenhängenden und beinahe luftdichten Federfahne befähigt sind. Sie stehen nur an denjenigen Radienreihen, die gegen

die Spitze der Feder gerichtet sind, und die Hamuli des einen Ramus übergreifen die umgebogenen Ränder der selbst häkchenlosen Radien der ihnen zugewendeten Radienreihe des nächsten Ramus. Hierdurch kommt die zum Fluge und deshalb zur Stammerhaltung auf den Flug angewiesener Vögel unbedingt notwendige Widerstandsfähigkeit der Federfahne gegen die Luft zustande.

Zum Nachweis der Unhaltbarkeit einer Theorie der zufälligen Formbildung empfiehlt sich das gewählte Beispiel aus mehreren Gründen: Erstens variieren alle Teile der Vogelfeder, wie es die Hausvögel zur Genüge zeigen. Dass, zweitens, die einzelnen Teile der Vogelfeder unabhängig voneinander nach allen denkbaren Richtungen hin abändern müssen, ist eine Annahme, der keine Theorie der zufälligen Formbildung entgehen kann; denn nach einer solchen Theorie könnte z. B. eine Radfeder des Pfauhahns unmöglich ohne selbständige Veränderlichkeit der einzelnen Federteilchen aus einer simplen Rückendeckfeder entstanden sein, welch' letzteres man doch auf alle Fälle annehmen muss, sofern man der Abstammungslehre huldigt. Drittens müssen sich die einzelnen Federn und ihre Teile im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwickelung vielfach verändert haben, insbesondere auch grösser und kleiner geworden sein. Will man z. B. Singvögel von der Grösse des Kolkraben (Corvus corax) von kleinen Formen ableiten, so muss man eine Vergrösserung der Federn folgern, im umgekehrten Falle eine Verkleinerung. Diese Veränderung der Grösse muss, wovon man sich leicht durch Vergleichung verschieden grosser Vögel überzeugen kann, alle Teile der Vogelfeder, z. B. auch die mit Hamulis versehenen Cilien, betroffen haben. Diese Cilien sind aber, viertens, ausserordentlich zahlreich. An der Innenfahne einer Handschwinge eines Kranichs (Grus) fand man ungefähr 650 Rami, und jeder dieser Rami trug ungefähr 600 Paare von Radien, was für die Innenfahne allein nahezu 800000 Radien ausmacht. Hieraus lässt sich entnehmen, wie ungeheuer gross die Anzahl der Cilien an der Gesamtheit der Radien, die man in einer Kranichfeder auf über eine Million schätzt, sein muss.

Soll nun eine Feder im Laufe der Stammesgeschichte vergrössert oder verkleinert werden, so muss das besonders bei den mit Häkchen versehenen Cilien mit grosser Gleichmässigkeit geschehen; denn sonst leidet, wie leicht einzusehen, die Widerstandsfähigkeit der Feder gegen die Luft. Sind etliche häkchentragende Cilien zu lang, andere zu kurz, so ist es um das sichere Einhaken der Hamuli geschehen. Gleich allen anderen Teilen der Feder und des Vogelkörpers überhaupt müssen aber auch die mit Hamulis ausgestatteten Cilien für eine Theorie der zufälligen Formbildung unabhängig voneinander variierende Organe sein. Mit der Nichtannahme einer unabhängigen Variation gesonderter Körper-

teile wäre eine Theorie der zufälligen Formbildung totgeboren. Wer annimmt, dass sich die einzelnen Körperteile in Harmonie miteinander verändern, kann kein Anhänger einer Zufallstheorie sein. Bleibt es aber dabei, dass die Cilien der Vogelfeder, wie in jeder anderen Beziehung, so auch rücksichtlich ihrer Länge unabhängig voneinander variieren, dann lässt sich leicht zeigen, dass der Durchschnitt der Länge sämtlicher Cilien einer Feder durch die Variation nicht in irgend wie erheblicher Weise verändert, dass aber eine in Bezug auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Luft gute, also stammerhaltende, Feder durch die Variation nur verschlechtert werden kann.

Nehmen wir an, wie eine Theorie der zufälligen Formbildung es muss, dass ein Cilium von einer Generation auf die andere sowohl verlängert, als auch verkürzt werden, als auch gleichlang bleiben kann, so müssen wir die Wahrscheinlichkeit der Verlängerung gleich der der Verkürzung und gleich der des Gleichlangbleibens und jede dieser drei Wahrscheinlichkeiten demnach gleich $\frac{1}{3}$ setzen. Die Wahrscheinlichkeit z. B., das eine Verlängerung sämtlicher Cilien einer Feder eintritt, ist dann, falls die Anzahl der Cilien 1 beträgt, gleich $\frac{1}{3}$ oder gleich $\frac{1}{3^1}$; bei der Anzahl 2 ist sie gleich $\frac{1}{9}$ oder gleich $\frac{1}{3^2}$, bei 3 gleich $\frac{1}{27}$ oder gleich $\frac{1}{3^3}$, bei 1000 gleich $\frac{1}{3^{1000}}$. Es ist also über alle Maassen unwahrscheinlich, dass die vielen Millionen von Cilien auch nur einer einzigen Feder sämtlich länger werden. Bei der grossen Anzahl der Cilien ist es vielmehr im allerhöchsten Grade wahrscheinlich, dass ungefähr der dritte Teil der Cilien von einer Vogelgeneration auf die andere verlängert, dass ein zweites Dritteil verkürzt wird, und ein drittes gleichlang bleibt. Wenn wir nur 3000 Kreisel, von denen jeder dreiseitig, und zwar mit einer gelben, einer roten und einer blauen Seite versehen und so eingerichtet ist, dass er beim Fallen mit gleicher Leichtigkeit auf jede dieser Seiten zu liegen kommen kann, zu gleicher Zeit in Bewegung setzen, so wird die Anzahl der Kreisel, die auf die gelbe Seite fallen, nur um verhältnismässig wenig von der auf die rote Seite fallenden und von der der Kreisel, die auf die grüne Seite zu liegen kommen, und also auch nur wenig von dem Dritteil von 3000, von 1000, abweichen, so oft wir das Experiment auch wiederholen mögen. Würden unverhältnismässig viel Kreisel etwa auf die gelbe Seite fallen, so würden wir darüber im höchsten Grade erstaunt sein und dies einer besonderen Einrichtung der Kreisel zuschreiben. Dieses Beispiel entspricht aber der Annahme einer ungeordneten Variation unserer Vogelfeder, deren Cilienlängendurchschnitt folglich nicht verändert und deshalb auch nicht stammerhaltend umgebildet werden kann. Ungeregelte Variation müsste aus einer stammerhaltenden Feder unbedingt eine stammvernichtende machen, weil sie die Längenregulierung der Cilien, die für die Widerstandsfähigkeit der Feder gegen die

Luft und deshalb zur Stammerhaltung durchaus nötig ist, unmöglich macht.

Bei unserem Beispiel von der Feder liegen die Dinge nun auch noch so, dass eine Theorie der zufälligen Formbildung auch kein fremdes Hilfsprincip, insbesondere das der direkten gegenseitigen Harmonisierung der Organe durch ihre eigene Thätigkeit, zu ihrer Rettung in Anspruch nehmen kann. Oder will man wirklich zu einer Regulierung der Cilienlänge durch den Gebrauch der fertigen Feder seine Zuflucht nehmen? An und für sich wäre nichts dagegen einzuwenden; aber aus begreiflichen Gründen muss die Anwendbarkeit dieses Princips auf die fertige starre Vogelfeder als ausgeschlossen gelten, ganz abgesehen davon, dass dadurch höchstens die Längenungleichheit der Cilien ausgeglichen, aber niemals deren Längendurchschnitt verändert werden könnte. Eine solche Veränderung muss aber im Laufe der Stammesgeschichte unzählige Male stattgefunden haben, wenn die Abstammungslehre überhaupt das richtige getroffen hat. Ist letzteres der Fall, dann hat eine Erzeugung in günstiger Weise abgeänderter Individuen ungeheuer viel öfter stattgefunden, als es möglich gewesen sein würde, wenn die Annahme einer allseitigen unabhängigen Variation der einzelnen Körperteile zulässig wäre, und daraus folgt die Unzulässigkeit dieser Annahme und die Notwendigkeit, die Zufallslehre zurückzuweisen. Thatsächlich sehen wir, dass die Nachkommen eines flugtüchtigen Vogelpärchens in fast allen Fällen ebenso gute Schwungfedern haben wie ihre Eltern, d. h., dass sie ebenso gut fliegen können wie diese. Will man aber die Grundannahme der allseitigen und unabhängigen Variation der Körperteile machen, so gelangt man auf Grund der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu dem Ergebnis, dass ein Vogelpärchen, dessen Art durch die den thatsächlichen Befunden gegenüber winzige Anzahl von 1000 mit Häkchen versehenen Federcilien charakterisiert ist, schon allein in Bezug auf die Federn so viel Junge haben müsste, wie die Zahl $\frac{1}{8^{1000}}$ angiebt, falls die Wahrscheinlichkeit, dass unter den Jungen wenigstens ein einziges ist, dessen Cilien in harmonischer Weise variiert haben, einigermaassen gewährleistet sein soll. Wir hatten also wohl recht, wenn wir oben sagten, es liesse sich auf Grund der notwendigen Prämissen einer Theorie der zufälligen Formbildung unschwer darthun, dass die Anzahl der stammerhaltenden Individuen hinter der der zum kinderlosen Untergang geborenen ganz unverhältnismässig viel weiter zurück bleiben müsste, als sie es thatsächlich thut, wenn jene Prämissen zulässig wären.

Das von uns zum Beweise der Unmöglichkeit einer Theorie der zufälligen Formbildung gewählte Beispiel und der Weg, den wir eingeschlagen haben, um uns unserer Aufgabe zu entledigen, dürften das innerste und eigentlichste Wesen einer solchen Theorie treffen.

Man wird also auch wohl dieses oder ein ähnliches Beispiel zu wählen und uns auf unserem Wege zu verfolgen haben, wenn man es zu zeigen unternehmen will, dass wir im Unrecht sind. Ein derartiges Unternehmen kann aber nur scheitern.

Aus den von uns mitgeteilten Beispielen über die Formenwandlungen der Organismen geht hervor, dass die Veränderungen, die diese erleiden, stammgefährdende sein können. Aber nicht immer sind sie das; denn es giebt nicht bloss Veränderungen, die zum Untergang eines Organismus führen, sondern auch solche, die sein Fortbestehen unter veränderten Lebensbedingungen ermöglichen.

Die Frage, wie, die Richtigkeit der Abstammungslehre vorausgesetzt, stammerhaltende Veränderungen entstehen, bedarf einer eingehenden Untersuchung.

Bei Pflanzen, die in eine fremde Umgebung versetzt, z. B. aus mehr fruchtbaren Gebieten in mehr wüstenartige verpflanzt wurden oder umgekehrt, oder auch von hohen Gebirgen in die Ebene oder von der Ebene ins Gebirge, aus dem Binnenland an die Seeküste oder von der Seeküste ins Binnenland gelangten, hat man durch zahlreiche Beobachtungen festgestellt, dass sie sich, wie man sich auszudrücken pflegt, den neuen Umgebungsreizen anpassten, und zwar konnte man dabei nachweisen, dass es eben diese neuen Einflüsse der Umgebung sind, welche die erhaltungsmässigen Veränderungen an den betreffenden Pflanzen hervorrufen. Man könnte hier von einer direkten Anpassung an die neuen Umgebungseinflüsse sprechen. Indessen würde diese Ausdrucksweise doch nicht ganz korrekt sein, wie folgende Überlegung zeigt.

Untersucht man den feineren Bau der Pflanzen, die in eine neue Umgebung versetzt worden sind, so findet man, dass sie sich dieser neuen Umgebung in allen Einzelheiten ihrer Struktur angepasst haben, dass z. B. bestimmte Zellen eine neue Form erhalten haben, dass die Zellhäute verdickt oder verdünnt sind, und dergleichen mehr.

Bei dieser Umbildung kann es sich nun um nichts weiter handeln, als um Vorgänge, wie wir sie in ähnlicher Weise auch in der unorganischen Natur beobachten. Wir haben verschiedentlich das Beispiel des Kalkspates und des Aragonits angeführt. Beide bestehen aus kohlensaurem Kalk; aber je nachdem bei dessen Krystallisation diese oder jene Bedingungen obwalten, entsteht der hexagonale Kalkspat oder der rhombische Aragonit. Anders kann es nun auch bei den Pflanzen nicht sein. Wirkt auf diese etwa eine höhere Temperatur, als üblich, ein, oder werden sie einer grösseren Feuchtigkeit ausgesetzt, so können sie darauf nur in ähnlicher Weise antworten, wie es der kohlensaure Kalk thut, je nachdem man ihn bei der Krystallisation diesen oder jenen Bedingungen aussetzt. Man kann nun aber beim kohlensauren Kalk nicht sagen, dass die Bedingungen direkt die Krystallform hervor-

bringen. Von einer direkten Formbildung könnten wir etwa dann sprechen, wenn wir uns einen Brei aus Kreide, also aus kohlensaurem Kalk, machten, und ihn in eine bestimmte Form hineingössen, oder auch dann, wenn wir uns aus einem Stück Kreide mit Hilfe eines Messers ein Polyeder von bestimmter Form schnitzten. Hier würden wir es allerdings mit einer direkten Veränderung der Form infolge äusserer Einflüsse zu thun haben. Dass es sich bei der Krystallisation des kohlensauren Kalkes nicht um eine solche direkte Formbildung handelt, liegt auf der Hand, und deshalb können wir ebenso wenig bei Pflanzen, die sich neuen Existenzbedingungen anpassen, von einer direkten Umbildung ihrer Form durch eben diese neuen Einflüsse sprechen. Dass wir das nicht dürfen, erkennen wir auch, wenn wir bedenken, dass sowohl Wärme als auch Wasser eine grosse Rolle im Leben und in der Entwickelung der Pflanzen spielen. Beide können gewiss in unmittelbarer Weise auf die Struktur der Pflanzen einwirken, aber die Wärme kann es auch indirekt thun, indem sie nämlich den Wassergehalt der Pflanze durch Verdunstung vermindert, und indem nun erst infolge des verminderten Wassergehaltes eine Reaktion in der Pflanze eintritt.

Wir wenden uns nun zur Betrachtung eines andern Beispieles, das uns mit unmittelbareren Veränderungen, als es diejenigen sind, welche Pflanzen bei ihrer Versetzung unter neue Lebensbedingungen erleiden, bekannt zu machen scheint. In der Adelsberger Grotte und in anderen unterirdischen Höhlen jener Gegend lebt ein Amphibium, der Olm (Proteus anguineus), in völliger Dunkelheit. Seine blassrote Haut ist durchaus farbstofflos. Hält man Olme aber in Aquarien, die dem Lichte ausgesetzt sind, so erhalten sie nach einiger Zeit eine graue Färbung. Wahrscheinlich handelt es sich hier um eine Einwirkung des Lichtes auf gewisse Zellen der Haut, und die Farbenveränderung wird nicht etwa, wie es bei manchen Tieren der Fall zu sein scheint, durch das Auge vermittelt, indem die von dem Auge empfangenen Reize durch das Gehirn auf gewisse Nerven übertragen werden, die ihrerseits Farbenveränderungen in der Haut veranlassen. Dass es sich bei der Färbung des dem Lichte ausgesetzten Olmes vielmehr um eine nicht auf Umwegen geschehende Beeinflussung der Haut handeln dürfte, geht aus Versuchen hervor, die man mit Flachfischen angestellt hat. Diese sind bekanntlich auf der einen Seite, auf der sich keine Augen befinden, mehr oder minder weiss, während sie auf der andern Seite eine Färbung zeigen, die sie dem Meeresgrunde, auf dem sie ruhen und sich herum bewegen, in dessen Sand sie sich auch wohl einwühlen, mehr oder minder ähnlich macht. Hält man nun junge Flachfische in einem Glasgefäss, das man von unten durch einen Spiegel beleuchtet, so bildet sich auch auf der normalerweise weissen Unter-

seite Farbstoff in grösserer oder geringerer Ausdehnung. Dass es sich nun hierbei nicht um eine Auslösung der Farbstoffbildung über den Umweg des Auges und Gehirns handelt, liegt unmittelbar auf der Hand; denn die Flachfische, die immer auf der farblosen Seite liegen, haben auf dieser Seite keine Augen, und die auf der andern Seite liegenden Augen sind ja immer während des Tages der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt. Das Licht wirkt also hier thatsächlich auf die Haut ein; aber von einer direkten Bildung des Farbstoffes durch das Licht können wir auch hier nicht sprechen, denn der Farbstoff kommt durch chemische Processe zustande, und chemische Processe werden durch äussere Anstösse immer nur ausgelöst. Bestimmte chemische Processe können nur da entstehen, wo schon bestimmte Substanzen vorhanden oder neu abgelagert sind.

Von den Flachfischen könnten wir, und auch bei dem Olm wäre dies wohl möglich, sagen, dass das Licht bei ihnen eine Schutzfärbung hervorruft, also eine stammerhaltende Veränderung herbeiführt. Mit noch grösserem Rechte könnte ähnliches von verschiedenen Schmetterlingen gesagt werden, die infolge von Veränderung der Bedingungen, unter denen sie sonst leben, eine ausgesprochene Schutzfärbung annehmen. Puppen von Vanessa antiopa, die 33 Tage lang im Eiskasten, darauf 5 Tage lang im Keller bei einer Temperatur von + 11° Celsius und dann erst 15 bis 16 Tage im Zimmer, in welchem eine Temperatur von 19 bis 23° Celsius herrschte, gehalten wurden, brachten Schmetterlinge hervor, die durch ihre Färbung in viel höherem Maasse der Unterlage, auf welcher die betreffenden Schmetterlinge gewöhnlich auszuruhen pflegen, ähnlich waren, als es bei normalen Schmetterlingen dieser Art der Fall ist. Ähnliches beobachtet man bei Dasychira abietis. Puppen dieser Art wurden 30 Tage lang in Eisexposition gehalten, darauf 8 Tage in einem Keller von + 14° Celsius, dann in Zimmertemperatur, in welcher die Falter nach weiteren 7 bis 9 Tagen ausschlüpften. Die Schmetterlinge, die aus diesen Puppen entstanden, und zwar sowohl die Männchen als auch die Weibchen, wären während der Ruhe an den Stämmen der Nadel- und Laubbäume, und ebenso während des Fluges bei Tag oder bei Nacht unzweifelhaft besser geschützt gewesen als die normalen Formen. Hier ist es also die Verminderung der Temperatur gewesen, die eine erhaltungsmässige Veränderung herbeigeführt hat. Indessen, um eine direkte Anpassung handelt es sich in diesen Fällen noch weniger als in dem Falle des Olmes und der Flachfische; denn hier wirkt die verminderte Temperatur auf das Puppenstadium ein, während sich erst beim Falter eine veränderte Färbung der Flügel zeigte. Selbstverständlich sind die Vorgänge, die sich in der Puppe abspielen, durch die Kälte beeinflusst worden, aber die Beeinflussung des Falters war hier nur eine indirekte.

Wie steht es aber mit jenen eigentümlichen erhaltungsmässigen Umbildungen, die man an gebrochenen und schief verheilten Knochen beobachtet hat? Der Bau der Knochen ist ein derartiger, dass sich dort die festeste Knochensubstanz findet, wo die Knochen starken Druck oder Zug zu erleiden haben, während sich an den Stellen eines Knochens, die in geringem Grade oder überhaupt nicht von Druck oder Zug in Anspruch genommen worden, nur spärliche oder gar keine Knochensubstanz findet. Wenn ein Knochen nun bricht, und wenn seine Bruchenden nicht wieder so miteinander verheilen, dass die ursprüngliche Form des Knochens wieder hergestellt wird, sondern wenn eine schiefe Verheilung zustande kommt und darauf der Knochen wieder in Gebrauch genommen wird, so ist der auf ihn einwirkende Druck und Zug jetzt in anderer Weise verteilt, als es vor dem Bruche der Fall war, und nun hat man, wie wir gesehen haben, beobachtet, dass sich solche Knochen gemäss den neuen Druck- und Zugverhältnissen umbildeten, so dass sich Knochensubstanz an Stellen häufte, wo früher keine vorhanden war, weil diese Stellen nicht besonders stark in Anspruch genommen wurden, während sie nachher entweder starken Druck oder starken Zug auszuhalten hatten, und dass Knochensubstanz an Stellen schwand, die früher stark und später weniger stark gebraucht wurden. Hier, könnte man sagen, handelt es sich um eine direkte Umbildung des Knochens infolge der veränderten Druck- und Zugverhältnisse, die auf ihn einwirken. Indessen würde man sich auch hiermit nicht korrekt ausgedrückt haben. Der Knochen ist denn doch etwas anderes, als etwa ein Stück durch Glühen erweichten Eisens, dem man mit einem Schmiedehammer die gewünschte Form aufzwingt. Soll an einem Knochen eine Stelle von sehr festem Gefüge, also eine Stelle, wo sich viel phosphorsaurer Kalk abgelagert hat, verschwinden, so ist es nötig, dass der phosphorsaure Kalk hier aufgelöst und von hier fort transportiert wird. Das kann aber nur infolge chemischer Processe geschehen, die auf den phosphorsauren Kalk einwirken. Soll sich aber an anderen Stellen, wo noch nicht viel phosphorsaurer Kalk abgelagert ist, eine feste Knochensubstanz bilden, so muss hier notwendigerweise eine Zufuhr von phosphorsaurem Kalk stattfinden, und das kann nur auf Umwegen geschehen. Der phosphorsaure Kalk des Knochens wird nicht etwa durch Druck und Zug in der Weise verschoben, wie die Eisenteilchen beim Schmieden, sondern die Umbildung des Knochens kommt auf viel umständlichere Weise zustande. Von einer direkten Anpassung des Knochens an die neuen Einflüsse der Umgebung kann also auch hier nicht wohl die Rede sein.

Ein ähnliches Beispiel, wie das letzte, liefert uns das Pflanzenreich. Eine Art wilden Weines, Ampelopsis veitchi, gehört zu den wenigen Rankenpflanzen, die von dünnen Stützen unabhängig sind und

mittels besonderer Einrichtungen an glatten Wänden und Mauern emporzuklettern vermögen. Die negativ phototropischen Ranken dieser Pflanze besitzen an oder dicht unter ihrer Spitze kleine knopfartige Gewebswucherungen, die sich infolge ihrer Klebrigkeit an der Wand, an welcher die Pflanze emporklettert, anheften und hier zu saugnapfartigen Scheibchen auswachsen. Die Zellen dieser Scheibchen schmiegen sich gleich Wurzelhaaren dicht an die Unterlage an und haften an ihr so fest, dass man die später verholzende Ranke leichter zerreissen als die Saugscheiben von der Wand ablösen kann. Hier wird eine erhaltungsmässige Bildung durch den Reiz hervorgerufen, den die Berührung der Wand auf die Spitzen der Ranken ausübt. Dieser Fall ist nun besonders deswegen beachtenswert, weil sich eine Varietät des wilden Weines (Ampelopsis hederacea) anders verhält als Ampelopsis veitchi. Bei dieser letzteren Art sind die Haftscheibchen nämlich schon an jungen Ranken als Knöpfchen vorgebildet, und nur das Auswachsen zu Haftscheiben geschieht erst infolge des Reizes, den die Berührung der Wand auf sie ausübt. Bei jener Varietät des wilden Weines, deren Ranken auch dünne Stützen zu umwickeln vermögen, werden die Knöpfchen, aus denen sich die Ranken bilden, dagegen erst durch den Berührungsreiz hervorgerufen. Dass die eigentlichen Haftscheiben bei beiden Pflanzenformen erst infolge des Berührungsreizes entstehen, lehren die Thatsachen. Aber auf welche Weise entstehen bei Ampelopsis veitchi die Endknöpfchen der Ranken, die auch ohne den Berührungsreiz zum Vorschein kommen? Mit dieser Frage werden wir uns alsbald zu beschäftigen haben, wenn wir die Vererbung sogenannter erworbener Eigenschaften besprechen. Ehe wir dazu übergehen, haben wir aber zu betonen, dass sich auch die Haftscheibchen der beiden genannten Ampelopsisarten nicht direkt bilden, dass also der Druck, den die Unterlage auf die Rankenspitze ausübt, diese nicht direkt in Scheibchen umwandelt, nicht auf dem Wege, auf dem man etwa an einer Stange Siegellack, die man an einem Ende erweicht hat, dadurch eine Scheibe hervorbringt, dass man sie direkt auf einen flachen Gegenstand aufdrückt, sondern dass es sich bei der Bildung der Scheiben und Knöpfe nur um indirekte Vorgänge handelt, die durch bestimmte Reize ausgelöst werden. Wir können also diese Untersuchung über den Mechanismus der Entstehung erhaltungsmässiger Veränderungen, seien diese, wie bei Ampelopsis, solche, die im Laufe jeder Generation auftreten, oder seien es Veränderungen, die etwas Neues für die betreffende Abstammungsreihe darstellen, wie es bei jenen Schmetterlingen der Fall war, die infolge des Einflusses grosser Kälte eine bessere Schutzfärbung erhielten, dahin zusammenfassen, dass keine erhaltungmässige Umformung, die ein Organismus erleidet, eine solche ist, die sich mit demselben Rechte eine direkte nennen könnte, wie

etwa die Umbildung, die eine Portion Siegellack infolge der Aufdrückung des Petschaftes erfährt, sondern dass es sich bei allen erhaltungsmässigen Veränderungen, wie bei allen Veränderungen der Organismen überhaupt, um mehr oder weniger indirekte Umbildungen handelt, Umbildungen, die durch Reize ausgelöst werden und ihren Besonderheiten nach von den Eigenschaften der die Umbildung erleidenden Organismenformen abhängen.

Unser Ergebnis wird uns bei der Untersuchung, die wir nunmehr anzustellen haben, zu Hilfe kommen. Wir haben nämlich die Frage zu beantworten, ob es möglich ist, dass Organismen, die infolge von Versetzung in neue Existenzbeeinflussungen neue erhaltungsmässige Eigenschaften erworben haben, befähigt sind, Nachkommen zu erzeugen, die diese neuen erhaltungsmässigen Eigenschaften noch zu steigern vermögen, falls die Reize, die bei ihren Eltern die neuen Eigenschaften hervorgerufen haben, auch auf sie einwirken. Im allgemeinen lässt sich diese Frage dahin beantworten, dass bei dem Individuum, an welchem infolge veränderter äusserer Reizungen neue Eigenschaften auftraten, auch die Keimzellen für die nächste Generation beeinflusst gewesen sein müssen. Es fragt sich aber, ob diese Beeinflussung eine direkte ist, ob z. B. im Falle von Schmetterlingen etwa die veränderte Temperatur direkt auf die in den Puppen enthaltenen Keimmaterialien der nächsten Generation einwirkt, oder ob dieses Keimmaterial erst von dem veränderten Körper aus beeinflusst wird. In dem eben angeführten Fall kann man sich freilich leicht vorstellen, dass eine direkte Beeinflussung des Keimmaterials durch die veränderte Temperatur möglich ist, weil ja Schmetterlinge keine Tiere mit eigenwarmem, zur Selbstregulierung seiner Temperatur befähigtem Blute sind, sondern ihre Temperatur von der Umgebung erhalten; und wenn auch die veränderte Temperatur durch die Puppenhülle und andere Körperteile bis zu den für die nächste Generation bestimmten Keimmaterialien durchdringen muss, so werden doch diese auf nicht minder geradem Wege von der Temperatur berührt als die übrigen Teile des Körpers. Von einer auf Umwegen erfolgenden Umbildung des Keimmaterials könnten wir nur dann sprechen, wenn es sich infolge der veränderten Temperatur nicht änderte, sondern wenn dadurch nur andere Körperteile verändert würden, die nun erst ihrerseits eine Veränderung des Keimmaterials veranlassen. Die Frage, die uns hier beschäftigt, spielt in der neueren Biologie eine ausserordentlich grosse Rolle. Es ist die Frage nach der Möglichkeit der Vererbung sogenannter erworbener Eigenschaften.

Unter erworbenen Eigenschaften versteht man gegenwärtig in der Regel solche, die nicht von den in einem Organismus enthaltenen und für die nächste Generation bestimmten Keimstoffen erworben werden,

sondern Eigenschaften, die in anderen Körperteilen entstehen. Man hat nämlich den Organismus begrifflich in einen Germinal- und einen Personalteil getrennt, d. h. man unterscheidet die Keimsubstanzen, die sich in ihm finden, als Germinal- oder Keimteil von dem übrigen Körper, dem Personalteil. Diesen nennt man auch das Soma, während man vom Soma umschlossenes Keimmaterial als Blastos bezeichnet. Neue Eigenschaften, die das Soma erwirbt, nennt man deshalb somatogene; solche, die vom Keimmaterial erworben werden und zu einer Umbildung des Organismus führen, blastogene. Von den ersteren hat man behauptet, dass sie nicht vererbbar seien. Es sollen vielmehr nur blastogene Eigenschaften auf die Nachkommen übertragen werden können, und zwar soll dies geschehen auf Grund der sogenannten Kontinuität des Keimplasmas, die wir früher kennen gelernt haben. Ein Teil des in einer befruchteten oder zu parthenogenetischer Entwickelung befähigten Eizelle enthaltenen Materials soll nämlich durch die keimesgeschichtliche Entwickelung des Individuum, wenn auch vermehrt, so doch nicht aufgebraucht, sondern unverändert, d. h. in diesem Falle unentwickelt, der nächsten Generation überliefert werden. In dieser soll sich dann wieder einerseits ein neuer Personal-, anderseits ein neuer Germinalteil bilden. Die Vererbung wird auf diese Weise verständlich; aber freilich zunächst nur die Vererbung blastogener Eigenschaften. Will man annehmen, dass sich auch somatogene vererben, so muss man die weitere Annahme machen, dass das Keimmaterial vom Körper aus beeinflusst werden kann. Da man diese Möglichkeit geleugnet hat, so haben wir uns darüber zu entscheiden, ob das mit Recht geschehen ist oder nicht.

Dass sich der Personalteil des Körpers, vorausgesetzt, dass eine scharfe Trennung von Personal- und Germinalteil gerechtfertigt ist, infolge von Einwirkungen, die von aussen kommen, verändern könne, wird von niemand geleugnet. Es wird gegenwärtig auch wohl kaum jemand geben, der die Möglichkeit einer Veränderung des Germinalteils, die auf von aussen kommende Anstösse erfolgt, in Abrede stellt. Was aber geleugnet wird, das ist eine derartige Beeinflussung des Germinalteils seitens des Personalteils, dass dieser eine lokalisierte Neubildung, die er infolge von äusseren Einflüssen erworben hat, auf die Nachkommen vererben kann. Es soll, um ein Beispiel anzuführen, nicht möglich sein, dass etwa ein Muskel, der infolge häufigen Gebrauches bedeutend an Grösse zugenommen hat, mit dieser seiner Vergrösserung auf die Nachkommen vererbt werden kann. Um nun die Frage nach der Möglichkeit der Vererbung solcher Eigenschaften, wie wir sie etwa in einem durch den Gebrauch vergrösserten Muskel vor uns haben, zu untersuchen, müssen wir uns der Art und Weise erinnern, auf welche neue Eigenschaften des Somas entstehen. Wir

haben gefunden, dass neue Eigenschaften infolge von Reizen auftreten, die der Körper nach Versetzung unter neue Entwickelungsbeeinflussungen erleidet. Die eigentliche Ursache müssen wir aber nach dem, was wir früher über das, was Ursache zu nennen sei, gelernt haben, zum Teil wenigstens, in den Körper verlegen. Die Neubildung wird durch die Reize nur ausgelöst, während ihre Ursache schon zum Teil, wenn nicht ganz, durch die Konstitution des Organismus gegeben ist. Demnach ist es also verkehrt, zu sagen, wie es thatsächlich geschehen ist, dass nur dasjenige im naturwissenschaftlichen Sinne erworben sei, was im Laufe des einzelnen Lebens lediglich durch äussere Einwirkung zu stande kommt; nicht aber seien Eigenschaften erworben, deren Anlage schon im Keime gegeben sei, und die durch äussere Veränderungen zur erkennbaren Erscheinung gelangten. Naturwissenschaftlich ist vielmehr nur die Auffassung, wonach alle Eigenschaften, die an einem Organismus im Laufe seiner Entwickelung auftreten können, schon, zum Teil wenigstens, im Keime begründet sind, und nach der sie nur auftreten, wenn der Organismus den dazu notwendigen Existenzbeeinflussungen, d. h. Reizen, ausgesetzt wird. Wenn z. B. ein Muskel nicht von vornherein die Fähigkeit hat, sich zu vergrössern, so kann diese Vergrösserung selbstverständlich nicht erworben werden. Es wird aber niemand bestreiten wollen, dass es sich hierbei thatsächlich um eine Erwerbung handelt. Bei der Beurteilung der Möglichkeit der Vererbung erworbener oder somatogener Eigenschaften müssen wir also stets im Auge behalten, dass alle Neuerwerbungen nur möglich sind auf Grund einer schon durch die Zusammensetzung des Organismus und in letzter Linie des Keimes, aus dem er sich entwickelt hat, gegebenen Fähigkeit, auf neue Einwirkungen in bestimmter Weise zu reagieren. Soll z. B. ein Individuum einer bisher geweihlosen Hirschart ein Geweih erhalten, so müssen die dabei in Frage kommenden Hautpartieen des Kopfes befähigt sein, auf einen bestimmten Reiz mit Geweihbildung zu antworten, und ausserdem muss natürlich dieser Reiz vorhanden sein. Es ist nun von äusserster Wichtigkeit, zu ermitteln, woher dieser Reiz kommt.

Man könnte z. B. annehmen, dass der betreffende Hirsch eine Reizung seiner Stirnhaut erleidet, vielleicht dadurch, dass er seinen Kopf an einem Baumstamme scheuert. In der That ist ein Fall beschrieben worden, in welchem, wie es scheint, eine Geweihstange infolge einer ähnlichen Reizung entstanden ist. Es wurde nämlich bei einem weiblichen Reh (Capreolus caprea) eine Geweihstange vorgefunden, und eine nähere Untersuchung ergab, dass an der Stelle, wo sich diese Geweihstange gebildet hatte, ein Glassplitter in die Haut eingedrungen war. Man ist deshalb wohl berechtigt, anzunehmen, dass dieser Glassplitter in der That einen Reiz auf die Haut ausgeübt hat, den

diese mit Geweihbildung beantwortete. Allein bei den männlichen Hirschen geht der Reiz, in dessen Folge das geweihlose männliche Hirschkalb ein Geweih erhält, nicht von Dingen aus, die durch Druck oder Reibung und dergleichen von aussen auf die Haut einwirken. Er geht vielmehr von dem Hoden aus. Kastrierte Hirsche erhalten kein normales Geweih, woraus zu schliessen ist, dass das Vorhandensein des Hodens erforderlich ist, wenn es bei männlichen Hirschen zur Geweihbildung kommen soll. Man kann deshalb auch annehmen, dass ein Individuum einer Hirschart, die geweihlos ist, vielleicht dadurch ein Geweih erwerben könnte, dass entweder der Hoden dieses Individuums sich derartig umbildet, dass der von ihm ausgehende Einfluss Geweihbildung hervorruft, oder dass die Reaktionsfähigkeit der Haut in der Weise verändert wird, dass die Haut die Fähigkeit erhält, auf den schon vorher vorhandenen vom Hoden ausgehenden Reiz mit Geweihbildung zu antworten. Die Erwerbung des Geweihes brauchte also gar keine derartige zu sein, dass das Geweih infolge von von aussen kommenden lokalen Reizen entsteht, sondern der Reiz zur Geweihbildung könnte von einer weit von dem Orte der Geweihbildung entlegenen Körperstelle ausgehen, wie er es thatsächlich bei der Geweihbildung der Hirschkälber thut. Es liegt kein Grund zu der Annahme vor, dass neue Eigenschaften nur dadurch auftreten, dass von aussen kommende Reize lokal auf eine beschränkte Körperstelle einwirken; sondern man kann auch annehmen, dass zunächst andere Körperteile als derjenige, der eine bestimmte neue Erwerbung macht, durch irgend welche Anstösse, die in letzter Linie von aussen kommen müssen, verändert werden, und dann ihrerseits erst auf entfernt davon gelegene Körperstellen einwirken, die den auf sie ausgeübten Reiz mit der Bildung eines neuen Organes oder mit einer Änderung vorhandener Organe beantworten. Dass solches möglich ist, zeigt uns das Unterbleiben normaler Geweihbildung bei kastrierten Hirschen. Wir hätten es aber auch dann zweifellos mit erworbenen Eigenschaften zu thun. Es handelt sich also um die Frage, ob derartig erworbene Eigenschaften vererbt werden können oder nicht.

Im Falle eines Hirsches, der zu einer geweihlosen Art gehört und auf die geschilderte Weise zu einem Geweih kommt, würde zu fragen sein, ob er die Fähigkeit, dieses Geweih zu producieren, auf seine Nachkommen übertragen kann, so dass diese in der Lage sind, infolge neuer, über den Umweg des Hodens auf sie einwirkender Anstösse ein noch stärkeres Geweih zu producieren als ihr Vater. Wir können, um allen Missverständnissen zu entgehen, annehmen, dass eine Veränderung der Kopfhaut gefordert wird, die aber infolge von Einwirkung von Reizen auf andere Körperstellen entstanden und so beschaffen ist, dass die veränderte Kopfhaut auf den vom Hoden aus-

gehenden Reiz mit der Bildung eines Geweihes antworten kann. Bei der Frage nach der Vererbung dieser neuen Eigenschaft der Kopfhaut brauchten also die Spermatozoen des betreffenden Hirsches zunächst gar nicht in Mitleidenschaft gezogen zu sein, sondern sie müssten, falls eine Vererbung der neuen Eigenschaft der Kopfhaut zu stande kommen soll, erst in geeigneter Weise beeinflusst werden. Auf welche Weise nun diese Beeinflussung geschehen könnte, das wollen wir im folgenden untersuchen.

Wenn wir bedenken, dass nach dem, was wir bei der Betrachtung der Taktismen und Tropismen erfahren haben, eine Übertragung formativer Reize von einer Stelle des Körpers auf entfernte Stellen vorkommen kann, so werden wir auch nicht in Abrede stellen wollen, dass eine Beeinflussung des Keimmaterials seitens der Organe des Körpers, in dem es sich befindet, möglich sei. Es kann also auch die Möglichkeit einer Vererbung erworbener Eigenschaften nicht geleugnet werden.

Die Vererbung erworbener Eigenschaften könnte nun entweder dadurch zustande kommen, dass eine Reizleitung von einem durch äussere Einflüsse direkt veränderten Organe nach dem Keimmaterial hin stattfindet, oder auch auf die Weise, dass die Veränderung eines Körperteiles nicht durch einen Reiz, der auf diesen einwirkt, sondern durch einen auf eine andere Körperstelle einwirkenden und auf die schliesslich der Veränderung unterliegende Körperstelle durch Leitung übertragenen Reiz ausgelöst wird, und dass von der Körperstelle, wo der auslösende Reiz auf den Körper einwirkt, nicht bloss nach dem der Veränderung unterworfenen Körperteile eine Reizleitung erfolgt, sondern auch nach dem Keimmaterial, das sich in dem betreffenden Körper befindet. Dadurch, kann man annehmen, wird das Keimmaterial so verändert, dass es nunmehr befähigt ist, die erworbenen Eigenschaften zu reproducieren, ohne dass hierzu ein neuer Reiz nötig wäre.

In manchen Fällen wird man aber auch nicht um die Annahme herum kommen, dass das Keimmaterial direkt durch von aussen kommende Reize beeinflusst wird, und dass der sich aus ihm entwickelnde Organismus infolgedessen von seinen Erzeugern abweicht. Wenn wir bedenken, dass es Eizellen giebt, die, wie es bei gewissen Medusen der Fall ist, frei an der Körperoberfläche ihrer Mutter herumkriechen, oder sich, wie bei den Schwämmen, in den Hohlräumen des elterlichen Tieres herumbewegen, und dass die Keimzellen vieler Tiere nach aussen entleert werden müssen, damit eine Befruchtung zustande komme, so werden wir es für sehr wahrscheinlich halten, dass auch die Keimzellen direkt von der Umgebung beeinflusst werden können. Übrigens könnte man auch hier mit einigem Rechte von erworbenen Eigenschaften sprechen. Denn eine Grenze zwischen einer freien Keimzelle und dem

fertigen Organismus lässt sich nirgends ziehen. Wir wissen nicht, wo die Grenze zwischen dem ausgebildeten Organismus und seinen Jugendstadien ist. Ferner können wir diese nicht von den Embryonalstadien trennen. Wir können z. B. bei Tieren dasjenige Keimstadium, in welchem der Embryo aus einem Haufen mehr oder minder gleichartiger Zellen besteht, nicht gegen jenes Entwickelungsstadium abgrenzen, auf welchem der Körper nur durch zwei Zellen dargestellt wird. Und da es, wie wir wissen, Tiere giebt, bei denen aus jeder dieser beiden Zellen ein regelrechter Organismus der betreffenden Art werden kann, so können wir auch dass zweizellige Keimstadium nicht von dem einzelligen trennen. Es lässt sich also auch nirgends eine scharfe Grenze zwischen somatogenen und blastogenen Eigenschaften ziehen, es sei denn, dass man unter blastogenen Eigenschaften nur solche verstehen will, die lediglich durch die Mischung verschiedener Keimmaterialen bei der Befruchtung zustande gekommen sind, eine Anschauung, die aber heute niemand mehr teilt, wenn sie auch, wie es scheint, noch vor wenigen Jahren eine zahlreiche Anhängerschaft hatte.

Wenn wir nun auch annehmen wollen, dass die Abweichung des Organismus von dem ererbten Bildungsgange in vielen Fällen durch direkte Beeinflussung des Keimmaterials seitens von aussen kommender Reize herbeigeführt wird, so ist diese Annahme doch für andere Fälle wenig wahrscheinlich, wie aus folgendem Beispiele hervorgeht: Auf den Muschelkalkbergen in der Umgebung von Jena ist eine Glockenblume, Campanula glomerata, nicht selten, die gleich den anderen Arten ihrer Gattung meistens eine dreiteilige Narbe und einen dreifächerigen Fruchtknoten hat. An Stellen, die stark der Sonne ausgesetzt und infolgedessen sehr trocken sind, insbesondere auch an steilen Bergabhängen, wo sich Regenwasser nicht sammeln kann, findet man nun auffallend viele Exemplare, die eine grössere Anzahl von zweinarbigen Blüten haben, als die an schattigen und feuchteren Orten wachsenden. Da nun die normale Anzahl der Fruchtblätter bei der Gattung Campanula drei beträgt, da es aber anderseits in der Familie der Campanulaceen Gattungen mit nur zwei Fruchtblättern giebt, so darf man annehmen, dass Campanula glomerata bei Jena und auch wohl anderswo, wenigstens an den sonnigen und trockenen Standorten, in einer stammesgeschichtlichen Umbildung begriffen ist, und zwar in der Weise, dass aus der Form mit drei Fruchtblättern eine solche mit nur zwei entsteht. Wir wollen annehmen, dass es so sei. Durch welche Faktoren würde aber diese Umbildung zustande kommen? Der Organismus ist, wie wir gesehen haben, eine Korrelationsmosaik bestimmt verteilter Formbildungsherde, von denen jeder einzelne zwar seine eigenen Processe hat, jedoch in Anhängigkeit von seiner eigenen direkten Umgebung und in letzter Linie von der Umgebung des Gesamtorganismus.

Demgemäss ist der Organismenkeim das Produkt seiner Eltern und der von diesen erlittenen Einwirkung ihrer Umgebung, und jeder Teil des Organismus ist das Produkt seiner Konstituenten und der auf diese einwirkenden Einflüsse ihrer Nachbarschaft. Wer dieser Auffassung huldigt, kann also, wie wir es früher gethan haben, von einer Stammzelle, d. h. von einer entwickelungsfähigen Keimzelle ausgehen, um aus ihr den Organismus sich dadurch herausbilden zu lassen, dass aus der Stammzelle ein vielzelliger Körper wird, dessen einzelne Zellen, je nachdem sie infolge des keimesgeschichtlichen Entwickelungsprocesses diese oder jene Lage erhalten, verschiedene Umformungsprocesse erleiden. Die zweifellos gerechtfertigte Auffassung des Organismus als einer Korrelationsmosaik lässt ferner die Möglichkeit einer Beeinflussung einer Zelle durch andere Zellen, deshalb auch eine Beeinflussung der unreifen Keimzellen seitens des Körpers, in welchem sie geborgen sind, und somit die Möglichkeit einer Vererbung erworbener Eigenschaften zu. Es entsteht also für den Fall der Campanula glomerata die Frage, ob wir es, vorausgesetzt, dass unsere Annahme, sie befinde sich in einem stammesgeschichtlichen Umbildungsprocesse, richtig ist, bei dem Schwund des einen Fruchtblattes mit einer Vererbung einer erworbenen Eigenschaft zu thun haben. Mancher wird geneigt sein, diese Frage zu verneinen. Die Narbe schlägt von Anfang an fehl; sie wird gar nicht erst gebildet, um darauf zu verdorren, sondern sie entwickelt sich überhaupt nicht. Gleichwohl müssen wir, falls der durch die Thatsachen gebotene Schluss, dass die Narbe wegen der Trockenheit des Standortes der betreffenden Pflanzen fehl schlägt, zutreffend ist, das Fehlschlagen der Narbe als eine unter dem Einflusse der Trockenheit erworbene Eigenschaft der betreffenden Pflanze betrachten. Der Wassermangel des Standortes leitet die keimesgeschichtliche Entwickelung der Pflanze in neue Bahnen, ein Process, der von Beginn der Keimung an spielen kann. Es fragt sich nur, ob die auf diese Weise erworbene Zweinarbigkeit vererbt wird, ober ob nicht vielmehr die Nachkommen eines Individuums von Campanula glomerata mit vielen zweinarbigen Blüten nur deshalb wieder zweinarbige Blüten erhalten, weil sie gleich der elterlichen Pflanze an einem trockenen Standorte keimen. Allein wenn es die durch die Trockenheit des Standortes hervorgerufenen Umbildungen in der Pflanze sind, welche die Zweinarbigkeit hervorrufen, so können die von dieser Pflanze producierten Keimzellen nicht leicht einer Beeinflussung seitens dieser durch Trockenheit des Standortes hervorgerufenen Umbildungen des Gesamtorganismus entgehen. Die Annahme, dass sie dadurch beeinflusst werden, und zwar in der Weise, dass sie mit grösserer Leichtigkeit noch als die Keimzelle, aus der die Pflanze entstanden ist, Pflanzen mit zweinarbigen Blüten producieren, ist durchaus zulässig. Wir hätten es nun zwar nicht mit einer Vererbung einer erworbenen Eigenschaft

im üblichen Sinne, sondern mit einer Vererbung eines durch Beeinflussung von aussen hervorgerufenen, also noch nicht im Keime vorhandenen, sondern erst neuerworbenen Zustandes des Gesamtorganismus zu thun, und zwar eines Zustandes, infolgedessen im Falle von Campanula glomerata der betreffende Organismus erstens eine grössere oder geringere Anzahl zweinarbiger Blüten, zweitens Keime produciert, aus denen leicht Pflanzen mit zweinarbigen Blüten hervorgehen. Um die Vererbung einer erworbenen Eigenschaft handelt es sich also auch hier, nämlich um die Vererbung derjenigen auf trockenem Standorte erworbenen Eigenschaft, infolge deren einerseits Zweinarbigkeit, anderseits Bildung von zweinarbige Blüten producierenden Keimzellen eintritt. Nicht die Zweinarbigkeit direkt wird vererbt, sondern der Zustand, infolgedessen sie auftritt; aber dieser Zustand ist ein seitens des Organismus und nicht schon von der Keimzelle, aus der er hervorging, neu erworbener. Dagegen haben die Keimzellen, die er produciert, den betreffenden Zustand vom elterlichen Organismus erhalten und nicht etwa direkt erworben.

Wirken nun die Existenzbeeinflussungen, die einen neuen Zustand des Gesamtorganismus herbeiführten, eine Reihe von Generationen hindurch auf eine Abstammungsreihe von Organismen ein, so muss, das Vorhandensein einer Vererbung erworbener Eigenschaften angenommen, eine Steigerung der infolge jenes Zufalles eingetretenen Veränderungen stattfinden. Auf solche Weise ist vielleicht die Gattung Jasione entstanden, deren Angehörige sonnige und trockene Plätze lieben. Sie gehört zu den Campanulaceen, hat in ihren Blüten aber nur zwei Fruchtblätter.

Man könnte im Falle von Campanula glomerata annehmen wollen, dass die Trockenheit direkt auf das sich bildende Keimmaterial einwirke. Aber man darf doch nicht vergessen, dass die Konstitution des ganzen elterlichen Organismus infolge der Trockenheit umgeändert werden muss, weshalb es uns viel wahrscheinlicher däucht, dass es diese konstitutionelle Veränderung des elterlichen Organismus ist, die das sich in ihm entwickelnde Keimmaterial erblich beeinflusst hat. Denn die in Bildung begriffenen Keimzellen liegen zunächst doch wohlgeborgen in den Geweben der elterlichen Pflanze und können nicht direkt austrocknen, sondern die Austrocknung kann nur durch den Körper der elterlichen Pflanze vermittelt werden. Die befriedigendste Annahme dürfte also im Falle der Campanula glomerata, vorausgesetzt, dass es sich bei der Entstehung der Pflanzen mit zweinarbigen Blüten wirklich so verhält, wie wir angenommen haben, und dass sich diese Eigentümlichkeit vererbt, die sein, dass die Trockenheit auf die sich entwickelnde elterliche Pflanze einwirkt, und dass dadurch einerseits der Bau der Blüten, anderseits die Beschaffenheit des Keimmaterials,

das sich in den Blüten entwickelt, beeinflusst wird. Übrigens wäre es ja immerhin möglich, dass erst etliche Generationen verstreichen müssten, ehe es zur Ausbildung von Pflanzen mit zweinarbigen Blüten kommt, und bevor sich namentlich eine Vererbung der Zweinarbigkeit experimentell konstatiren lassen wird.

Man könnte aber die Frage aufwerfen, warum man nicht annehmen wolle, dass das Keimmaterial von der Blüte aus beeinflusst würde, dass die zweinarbig gewordene Blüte einen solchen Einfluss auf das sich in ihr entwickelnde Keimmaterial ausüben könne, dass dadurch eine Vererbung der erworbenen Eigenschaft zustande kommt. Gewöhnlich stellt man sich die Vererbung erworbener Eigenschaften ja auch auf die Weise vor, dass ein Körperteil infolge auf ihn einwirkender Reize verändert wird, und dass von diesem Körperteile aus eine Beeinflussung der sich in dem betreffenden Organismus entwickelnden Keimzellen stattfindet. Es kann auch beim gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse nicht behauptet werden, dass eine solche Beeinflussung nicht möglich sei. Allein, wollte man sie auch annehmen, so könnte man sich daraufhin doch noch keine befriedigende Vorstellung von allen Vererbungsvorgängen bilden, wie uns das nächste Beispiel, mit dem wir zum Hirschgeweih zurückkehren, zeigen wird.

Wer die Abstammungslehre annimmt, wird die geweihtragenden Hirsche von Vorfahren ohne Geweih ableiten, zumal es noch heute verschiedene Hirscharten giebt, die kein Geweih tragen. Die durch den Besitz eines Geweihes charakterisierten Hirscharten sind nun so abgestuft, dass an dem einen Ende der Reihe, die wir in Bezug auf die Verzweigung des Geweihes aufstellen können, Formen mit unverzweigten Geweihstangen stehen, wie wir sie z. B. bei dem Puduhirsch Südamerikas (Pudua humilis) finden. Es folgen dann Formen mit gegabelten Geweihstangen, an die sich andere mit reicherer Verzweigung schliessen. Endlich wird die Reihe geschlossen durch die Hirsche, bei denen die Geweihe schaufelförmig verbreitert sind. Wollten wir nun annehmen, dass die erste Entstehung und die stammesgeschichtliche Weiterbildung des Hirschgeweihes auf dem Wege einer derartigen Vererbung erworbener Eigenschaften zustande gekommen sei, dass die Anfänge des Geweihes durch einen von aussen kommenden und auf die Stirnhaut ausgeübten Berührungsreiz, etwa durch Scheuern des Kopfes an Bäumen, hervorgerufen seien, und dass sich die weitere Umbildung des Geweihes auf ähnlichem Wege vollzogen habe, wie die Entstehung des ursprünglichen, so würden wir auf die grössten Schwierigkeiten stossen, auf Schwierigkeiten, die unüberwindlich sind. Wir müssen nämlich bedenken, dass das neugebildete Hirschgeweih von einer weichen Hautschicht überzogen wird, und dass der Hirsch es so

lange schont, als das eigentliche Geweih unter dieser Hautschicht nicht zur völligen Ausbildung gelangt ist. Erst dann reibt er die absterbende oder bereits abgestorbene äussere Hautschicht, den sogenannten Bast, an Baumstämmen und Baumzweigen ab, fegt er, wie der Jägerausdruck lautet. Die Verzweigung des Geweihes ist in den Fällen, wo sie vorhanden, aber schon vorher da und wird nicht erst infolge des durch das Fegen ausgeübten Reizes erzeugt. Man könnte sich auch gar nicht vorstellen, wie das möglich sein sollte, da der durch Fegen etwa hervorgerufene Reiz doch durchaus kein lokaler sein, sondern die ganze Oberfläche des Geweihes betreffen würde. Man wüsste also nicht zu sagen, wieso es denn komme, dass sich doch nur an einigen Stellen des Geweihes Sprosse gebildet hätten. In noch grössere Verlegenheit würde man geraten, wenn man die Schaufelbildung der Geweihe auf lokale Reize zurückführen wollte. Man wird ja keineswegs die Möglichkeit leugnen können, dass der Hirsch in der That durch den Gebrauch seines Geweihes einen Reiz auf diejenige Körperstelle ausübt, der das Geweih aufgesetzt ist. Durch diesen Reiz mag wohl eine Vergrösserung des Geweihes herbeigeführt werden, wie wir sie in der That in nacheinander folgenden Jahren bei manchen Hirschen sehen, bei denen das Geweih von Jahr zu Jahr an Sprossenreichtum und Grösse zunimmt; die eigentümliche Art der Verzweigung des Geweihes, die Lokalisierung der Sprosse an bestimmten Stellen, die Schaufelbildung könnten aber durch die Annahme eines Reizes, der von den Geweihstangen auf gewisse Teile des Kopfes ausgeübt wird, nicht begreiflich gemacht werden. Je mehr wir über die stammesgeschichtliche Entstehung des Hirschgeweihes nachdenken, destomehr müssen wir zu der Überzeugung gelangen, dass das Hirschgeweih wohl durch Reize hervorgerufen und verändert wurde, dass die Eigentümlichkeiten seiner Form aber in der Organisation der Vorfahren der Hirsche begründet gewesen sein muss. Übrigens haben wir ja erkannt, dass jede neue Eigenschaft insofern nur auf indirektem Wege erworben werden kann, als es sich bei der organischen Formbildung nicht um Ähnliches handelt, wie bei der Entstehung eines Siegels, sondern um Dinge, wie bei der Entstehung der Krystalle. Welche Krystallform einer in verschiedenen Systemen krystallisierbaren Substanz hervorgerufen werden soll, das hängt allerdings von den äusseren Bedingungen ab. Aber diese drücken das krystallisierende Material nicht in eine äussere Form hinein, sondern sie ermöglichen es nur, dass eine bestimmte der in der krystallisierenden Substanz begründeten Krystallformen, und keine andere, auftritt. Es hängt also auch wesentlich mit von der krystallisierenden Substanz ab, welche Krystallform entstehen soll, und bei den Organismen ist es nicht anders. Die Anschauung also, dass es bei der Erwerbung neuer Eigenschaften der Organismen ähnlich herginge, wie in der Werkstatt eines

Gipsgiessers oder eines Schmiedes, müssen wir, mag sie uns bis jetzt auch noch so lieb gewesen sein, aufgeben.

Nach alledem erscheint die Annahme, dass die Vererbung erworbener Eigenschaften auf die Weise zustande kommt, dass die Gesamtkonstitution des sich entwickelnden Organismus durch äussere Beeinflussung umgebildet wird und das Keimmaterial, das sich in dem betreffenden Körper entwickelt, derartig verändert, dass eine Vererbung der neu erworbenen Eigenschaften zustande kommen kann, mehr Wahrscheinlichkeit für sich zu haben, oder wenigstens in mehr Fällen zuzutreffen, als die andere von uns besprochene übliche, deren Möglichkeit wir allerdings nicht in Abrede stellen dürfen.

Wenn nun aber auch die soeben besprochene Annahme zutrifft, so kann es immer noch nötig sein, dass an der Stelle, wo ein Organ neu entsteht oder sich verändert, ein besonderer Reiz einwirken muss, der die Organbildung, die auf Grund der von jenem anderen Reize ausgegangenen Veränderung der Gesamtkonstitution möglich geworden ist, wirklich auslöst. Als Beispiel hierfür können wir die Gattung Ampelopsis anführen. Wir haben gesehen, dass bei einer Varietät des wilden Weines (Ampelopsis hederacea) infolge eines Berührungsreizes kleine knopfartige Gewebswucherungen an den Ranken entstehen und zu Haftscheiben auswachsen. Die Erwerbung dieser Eigenschaft seitens der Vorfahren der betreffenden Varietät können wir uns so vorstellen, dass diese infolge irgend welcher sie treffenden Einflüsse die Fähigkeit erhielten, bei der Berührung ihrer Rankenspitzen mit der Bildung von Knöpfchen, die zu Haftscheiben auszuwachsen befähigt waren, zu antworten, eine Fähigkeit, die nicht erworben worden wäre, wenn nicht gewisse Einflüsse den Gesamtorganismus der Pflanze verändert hätten, die aber nicht zur Geltung kommen kann, wenn auf die Rankenspitzen kein Berührungsreiz einwirkt.

Das eben angeführte Beispiel kann auch dazu dienen, uns eine Anschauung darüber zu bilden, auf welche Weise eine Steigerung erworbener Eigenschaften bei den Nachkommen stattfinden kann. Wir können nämlich annehmen, dass aus dem von den Vorfahren unserer Varietät des wilden Weines erzeugten Keimmateriale, das in den ersten Pflanzen, welche die Eigenschaft der Knöpfchen- und Haftscheibenbildung erworben hatten, entstand, Pflanzen hervorgingen, deren Rankenenden deshalb noch leichter und kräftiger auf den Berührungsreiz reagierten, weil der Reiz, der bei den Eltern dieser Pflanze die Fähigkeit der Knöpfchen- und Haftscheibenbildung an den Rankenspitzen hervorgerufen hatte, auch auf deren Nachkommen einwirkte. Man kann sich auch wohl vorstellen, dass bei den Vorfahren der Ampelopsis veitchi, die ja schon vor der Berührung Knötchen an den Rankenspitzen hat, im Laufe der Generationen die Leichtigkeit, mit welcher die Ranken-

enden auf den Reiz reagierten, eine immer stärkere wurde, so dass schliesslich zur Entstehung wenigstens der Knöpfchen kein Berührungsreiz, der von harten, flachen Felswänden und dergleichen ausging, mehr nötig war, sondern dass dazu schon der einfache Reiz genügte, den etwa benachbarte Teile oder die Luft auf die wachsende Rankenspitze ausübten. Dieser Annahme, dass an die Stelle des ursprünglichen auslösenden Reizes ein anderer getreten ist, steht in der That nichts im Wege, und wir können sie auch für viele andere Fälle treffen, zumal wir direkte Beweise dafür haben, dass gewisse Bildungen nicht immer durch dieselben Reize ausgelöst werden. Wir brauchen uns nur jenes Rehes zu erinnern, das eine Geweihstange erhielt, weil ein in seine Stirn eingedrungener Glassplitter einen Reiz auf die betreffende Stelle ausübte, während dieser Reiz sonst von der Einwirkung des Hodens auf den Organismus des Hirsches ausgeht.

Die Auffassung über die Vererbung erworbener Eigenschaften, zu der wir im vorstehenden gelangt sind, ermöglicht es uns, den Einwürfen zu begegnen, die man auf Grund mancher Vorkommnisse gegen deren Vererbbarkeit erhoben hat, denn sie unterscheidet sich sehr wesentlich von der bisher üblichen. Es ist nach ihr möglich, dass alle stammesgeschichtlichen Umbildungsprocesse auf einer Vererbung erworbener Eigenschaften beruhen, die nur für gewisse Eigenschaften des Organismus eine direkte, für die übrigen aber eine indirekte ist. Durch die Annahme einer indirekten Vererbung bestimmter Eigenschaften werden aber zahlreiche Schwierigkeiten beseitigt, mit denen die Theorie von der Vererbung körperlich erworbener Eigenschaften bisher gekämpft hat. Man kann jetzt z. B. nicht mehr sagen, die stammesgeschichtliche Umbildung pflanzlicher Organe füge sich nicht der Theorie von der Vererbung erworbener Eigenschaften, weil für die Teile des Pflanzenkörpers die Vererbung der Wirkungen von Gebrauch und Nichtgebrauch überhaupt nicht in Frage käme. Abgesehen davon, dass diese letztere Behauptung unverständlich sein würde, weil sich jeder lebende Teil eines Organismus in Gebrauch befindet, und zwar auch da, wo es sich nicht um grob sinnfällige Vorgänge handelt, ist es gar nicht nötig, anzunehmen, dass vermehrter oder verminderter Gebrauch eines Pflanzenorgans infolge eines Anstosses angeregt wird, der bloss dieses Organ, und zwar direkt, trifft. Veränderungen z. B., die durch Wasserarmut des Bodens oder der Luft im Pflanzenkörper hervorgerufen werden, können verminderten Gebrauch, das heisst verminderten Stoffwechsel — aller direkte Gebrauch eines Organs ist Stoffwechsel — gewisser durch ihre Lage ungünstig gestellter Zellen einer Keimpflanze und der Zellen, die von diesen abstammen, zur Folge haben und so das Zustandekommen eines bestimmten Organs vereiteln. Dazu, dass das betreffende Organ ohne fortgesetzte Trockenheit auch in der nächsten

Generation fehlschlägt, genügt es vollkommen, wenn diese Veränderungen, in deren Folge das Fehlschlagen des Organs ja erst eintritt, vererbt werden, vorausgesetzt, dass eine etwaige starke Vermehrung des Wasserreichtums der Umgebung es nicht trotz der Vererbung wieder hervorruft. Infolge der vererbten Wirkungen der Wasserarmut ihrer bevorzugten Standorte, nicht infolge des Nichtgebrauches ihres einen Fruchtblattes, der, falls dieses Fruchtblatt einmal fertig, ja gar nicht mehr möglich ist, macht Campanula glomerata bei Jena und gewiss auch in anderen Gegenden den von uns vermuteten stammesgeschichtlichen Umbildungsprocess von einer Pflanze mit drei zu einer solchen mit zwei Fruchtblättern durch, einen Process, der um so beschleunigter verlaufen müsste, je längere Zeit die Trockenheit der Standorte ihren Einfluss ausgeübt hat. Denn der Gebrauch gewisser Zellen braucht nicht bloss durch die direkten Folgen der Trockenheit vermindert zu werden, sondern kann auch durch deren vererbte Folgen beeinträchtigt werden. In jeder Generation wird dann der Gebrauch der betreffenden Zellen der Keimpflanze und der Nachkommen dieser Zellen vermindert, bis sie endlich überhaupt nicht mehr gebildet werden.

Unserer Auffassung des Vorgangs der Vererbung erworbener Eigenschaften fügen sich auch die sogenannt bloss passiv funktionierenden Teile bei Tieren. In Bezug auf diese müssen wir aber vor dem Fehler warnen, sie mit den Organen, von denen sie produciert werden, zu verwechseln und die letzteren gleichfalls für bloss passiv funktionierende Teile zu halten. Der Chitinpanzer der Insekten und anderer Gliedertiere mag ja bloss passiv funktionieren, was z. B. auch von Pigmentkörnern in Farbstoffzellen gelten wird; aber die Zellen der Haut, die den Chitinpanzer producieren, und die, welche die Pigmentkörner absondern, müssen lebhaft aktiv funktionieren, das heisst sich am Stoffwechsel beteiligen, sonst bleibt Chitin- und Pigmentbildung aus. So findet weder die eine noch die andere statt, wenn gewisse den Gebrauch anregende Beeinflussungen der aktiv funktionierenden Zellen, von denen Chitin und Pigment ausgeschieden werden, nicht eintreten. Der Olm (Proteus anguineus) erhält nur beim Aufenthalt im Lichte Pigment in der Haut. Der Pigmentbildungsmechanismus wird durch diese Form der Energie zu erhöhter Aktivität, zu stärkerem Gebrauch angeregt. Indessen hat das Licht vielleicht keine direkten Beziehungen zur Vererbung der Fähigkeit, Pigment zu bilden, die möglicherweise auf andere Einflüsse zurückzuführen ist, so dass das Licht, diese Fähigkeit vorausgesetzt, die Pigmentbildung nur auslöst.

Die Beschaffenheit der vom Olm bewohnten Höhlen, die sicher schon seit vielen Generationen eine eigentümliche Einwirkung auf die Vorfahren des Olm ausgeübt hat, bildet zwar keine fertigen Pigmentkörner zurück, verändert aber die Konstitution des Gesamtorganismus

und führt dadurch sowohl den Nichtgebrauch und die infolgedessen eintretende Verkümmerung des Pigmentbildungsmechanismus, als auch die Vererbung verminderter Pigmentbildungsaktivität herbei. Eine Beeinflussung der Keimzellen seitens fertiger Pigmentkörner brauchen wir dagegen nicht anzunehmen, ebenso wenig eine Einwirkung des Chitinpanzers eines Insekts oder eines Krebses auf die in diesem Tiere geborgenen Keimzellen. Diese werden jedoch beeinflusst, wenn sich die Konstitution des Organismus etwa durch den Übergang vom Aufenthalt in Salzwasser zu dem in Süsswasser ändert, wie es bei Artemia salina der Fall ist, oder dadurch, dass die Tiere sich an das Leben in einer fremden Schutzhülle gewöhnen, wie es die Einsiedlerkrebse (Pagurus etc.) gethan haben. Diese haben, so dürfen wir annehmen, ihren weichen Hinterleib dadurch bekommen, dass ihre Vorfahren infolge in früher Jugend beginnenden Aufenthaltes in Schneckenschalen fortgesetzte Umbildungen ihrer Gesamtkonstitution erlitten haben, die einerseits Schwächung des Panzerbildungsmechanismus und dadurch hervorgerufene verminderte Panzerbildung, anderseits eine entsprechende Beeinflussung der Keimzellen zur Folge hatten. Wenn also der Chitinpanzer überall da schwindet, wo seine Träger eine durch veränderten Aufenthaltsort herbeigeführte Verminderung des Gebrauches der ihn ausscheidenden Zellen erleiden, so ist das Schwinden des Panzers allerdings die direkte Folge dieses Nichtgebrauchs. Aber dessen Wirkungen brauchen nicht vererbt zu werden. Was vererbt werden muss, sind durch äussere Einflüsse hervorgerufene Veränderungen der Gesamtkonstitution, Veränderungen, die den Nichtgebrauch herbeiführen. Durch Vererbung dieser Veränderungen und fortgesetzte äussere Einflüsse, die diese Veränderungen steigern, muss auch der Nichtgebrauch fort und fort zunehmen. Um eine Vererbung erworbener Eigenschaften handelt es sich also auch hier. Fertige oder in Bildung begriffene Chitinpanzer mögen zwar nicht durch ihre Funktion verändert werden können; was aber verändert werden kann, das ist die Gesamtkonstitution des Körpers, und deren Veränderungen kann man als vererbbar betrachten, weil es nicht einzusehen ist, warum sie die Keimzellen nicht in Mitleidenschaft ziehen sollte. Wenn ein Insekt sich an eine Lebensweise gewöhnen würde, die seine Konstitution von Jugend auf so beeinflusst, dass die Verhärtung des Chitinpanzers verhindert wird, so würde sich diese Konstitution vererben, die Weichheit des Chitinkörpers aber nur indirekt. Ein Einfluss, der die Konstitution so umändert, dass die Haut nur einen weichen Panzer zu bilden vermag, kann z. B. dauernder Aufenthalt in feuchter Luft sein, während trockene Luft, etwa die der Wüste, harte Chitinpanzer zur Entwickelung gelangen lassen mag. Denn so gut wie der Chitinpanzer des ausschlüpfenden Insekts erst an der Luft erhärtet, mag durch Aufenthalt in feuchter

Luft herbeigeführter Wasserreichtum des Organismus schon der Entstehung von Chitin nachteilig sein. Man werfe hier nicht ein, dass auch die Krebse, die doch meistens im Wasser leben, eine Art von Chitinpanzer besitzen; denn den Krebsen steht Kalk zur Verstärkung des Panzers zur Verfügung. Wie dem aber auch sei, der Chitinpanzer der Gliederfüsser kann jetzt nicht mehr gegen die Lehre von der Vererbung erworbener Eigenschaften ins Feld geführt werden.

Auch die sogenannten Neutra der Ameisen und anderer Insekten kann man nicht gegen die hier vorgetragene Modifikation der Lehre von der Vererbung erworbener Eigenschaften ins Treffen schicken.

Bei den Bienen sind die Arbeiterinnen ganz anders gebildet, als die Königinnen. Nur die letzteren sind fruchtbar; die Arbeiterinnen dagegen sind Weibchen mit verkümmerten Eierstöcken, die nur in seltenen Ausnahmefällen zur Fortpflanzung befähigt sind. Da sich die Arbeiterinnen nicht fortpflanzen können, so lässt sich zwar nicht einsehen, auf welche Weise eine Vererbung etwaiger von den Arbeiterinnen erworbener Eigenschaften zustande gekommen sein soll. Man kann aber annehmen, dass die Umbildung der Arbeiterinnen, die im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwickelung der Bienen stattgefunden haben muss, von den fruchtbaren Weibchen oder den Männchen, oder, was am wahrscheinlichsten, von beiden ausgegangen ist. Dadurch, dass diese während ihrer Larvenentwickelung von Einflüssen, die der betreffenden Art bis dahin fremd waren, getroffen wurden, erhielten sie u. a. auch die Fähigkeit, Keimzellen zu producieren, aus denen Arbeiterinnen mit neuen Eigenschaften hervorgehen mussten. Die Sache verhält sich hier ähnlich, wie wir es für Ampelopsis angenommen haben. Der elterliche Organismus wird infolge äusserer Einflüsse umgebildet, und hiervon werden nicht bloss seine Organe, sondern auch die Keimzellen betroffen; die Organe in der Weise, dass sie, falls nun ein bestimmter Reiz auf sie einwirkt, mit der Produktion von etwas Neuem reagieren; die Keimzellen so, dass die neu erworbene Fähigkeit auf die Nachkommen übertragen wird. So, kann man sich vorstellen, wird es auch bei den Bienen gewesen sein. Die Eltern der Arbeiterinnen erwarben während ihrer keimesgeschichtlichen Entwickelung infolge äusserer Einflüsse Eigenschaften, die einerseits durch die von ihnen erzeugten Keimzellen, aus denen wieder fruchtbare Weibchen und Männchen entstanden, auf die Nachkommen vererbt wurden, und die anderseits bei den aus ihren Eiern entstehenden unfruchtbaren Weibchen oder Arbeiterinnen zu einer Neuausgestaltung dieser oder jener oder aller Organe führte, sobald der besondere zu dieser Ausgestaltung führende Reiz auftrat, der, wie wir gesehen haben, bei den Bienen durch die Fütterungsweise der aus dem Ei entstehenden Larve gegeben ist.

Nach der von uns entwickelten Anschauung kann auch der Organismus einer in Entwickelung begriffenen männlichen oder weiblichen Ameise so durch Einwirkungen der Umgebung beeinflusst werden, dass er erstens mit der Produktion einer abgeänderten Arbeiterform und zweitens mit der Erzeugung von Geschlechtstieren antwortet, die ihrerseits diese abgeänderte Arbeiterform wieder erzeugen. Eine veränderte Konstitution von Geschlechtstieren müssen wir z. B. da annehmen, wo abnorme Arbeiterinnen in einem Ameisenhaufen auftreten. Man hat nämlich bei mehreren Ameisenarten Zwischenmforen zwischen Königinnen und Arbeiterinnen gefunden, die den verkümmerten Eierstock der Arbeiterinnen mit einer der der Königin ähnlichen Brust und einem Königinnenkopfe, also mit Organen verbanden, die zum Arbeiten untauglich waren. Diese Arbeiterinnen waren also überhaupt nichts wert. In einem Haufen von Formica rufa waren viele dieser Zwischenformen, deren Anzahl etwa ein Fünftel der Gesamtheit betrug, ausserdem noch sehr klein. Auch die übrigen waren kleiner als echte Arbeiterinnen, und die Zwischenformen waren stets sehr faul und schlaff, arbeiteten niemals und waren, wie es sich schon auf Grund ihres kleinen Kopfes vermuten liess, wenig intelligent. Sie wurden zwei Jahre hintereinander in demselben Nest gefunden. Diese sonderbaren Formen sind Missgeburten, wie sie auch sonst vorkommen, z. B. bei weiblichen Hirschen, die ein schlechtes Geweih und einen unbrauchbaren Penis haben, und sie werden nur auf Grund der Annahme verständlich, dass sie einem elterlichen Organismus entstammen, dessen Konstitution abnorme Veränderungen erlitten hat. Deshalb sind sie für uns von Bedeutung; denn sie zeigen uns, dass unsere Anschauung von der Vererbung erworbener Eigenschaften auch auf die unfruchtbaren Neutra der Insekten anwendbar ist. Dagegen würde es nicht angehen, sie nach irgend einer Vererbungstheorie als Rückschläge auf Arbeiterformen der Vorfahren zu deuten. Ein solches Arbeitergesindel, wie das oben beschriebene, kann zu keiner Zeit als nützliche Bürgerklasse in einem Ameisenstaate existiert haben. Stammesgeschichtliche Zwischenformen zwischen Königinnen und Arbeiterinnen können doch nur so beschaffen gewesen sein, dass sie, verglichen mit den Königinnen, verminderte Güte der Eierstöcke mit erhöhter Güte von Brust und Kopf verbanden, während die geschilderten Zwischenformen weder in Bezug auf die Beschaffenheit ihrer Eierstöcke, noch rücksichtlich der Brauchbarkeit ihrer Brust und ihres Kopfes Ameisenstaats- und deshalb Stammerhalter waren und gerade das Umgekehrte von dem zeigten, was die stammesgeschichtlichen Vorläufer besessen haben müssen oder wenigstens mögen.

Die von uns gewonnene Anschauung über den Mechanismus der Vererbung erworbener Eigenschaften hat auch noch das Gute, dass sie uns nicht zu einer Annahme verschiedener Keimchen für jede bei einer

Ameisenart vorkommende Kaste in der Keimzelle nötigt. In Bezug auf die Umstände, die aus einem befruchteten Ameisenei entweder eine Königin oder eine Arbeiterin entstehen lassen, dürfte die Annahme gerechtfertigt sein, dass es sich hier, wie es bei den Bienen thatsächlich der Fall ist, um verschiedene Fütterungsarten handelt. Für die Annahme verschiedener Keimchen in dem Ei liegt aber gar kein Grund vor. Aus einer und derselben Keimmasse können sehr wohl je nach den äusseren Umständen verschiedene Formen hervorgehen. Das lehren uns z. B. die Ochsen, die aus kastrierten Stierkälbern heranwachsen und sich von Kühen, aber auch von Stieren, sehr wesentlich unterscheiden. Ochsenkeimchen kann man doch nicht gut in den Ei- und Spermazellen des Rindes annehmen. Dann muss man aber auch gesonderte Stier- und Kuhkeimchen fortlassen, deren Annahme nötig wird, sobald man bei den Bienen und Ameisen gesonderte Königinnen-, Arbeiterinnen- und Männchenkeimchen annimmt. Bei solchen Hennen, die, wie es öfter vorkommt, im Alter hahnenfedrig werden, findet sogar eine direkte Veränderung des weiblichen Körpers nach der Richtung des männlichen hin statt. Wir wollen uns auch hier wieder anorganischer Formen erinnern. Schneesterne z. B. können sehr verschiedene Formen haben, bestehen aber alle nur aus Wasser. Verschiedene Keimchen von Schneesternen wird wohl niemand annehmen wollen. Ebensowenig wie hierzu besteht aber eine Nötigung zur Annahme verschiedener Ameisen- oder Bienenkeimchen. Will man, wie hier nebenbei bemerkt werden mag, trotzdem verschiedene Keimchen für Ameisen und Bienen annehmen und etwa die verschiedene Fütterungsweise der Larven als Reize betrachten, die entweder die Entwickelung eines Königin- oder die eines Arbeiterinkeimchens auslösen, so empfiehlt sich eine konsequente Anwendung dieser Anschauung. Man würde sie z. B. preis geben, wenn man bei Ameisenarten, die grosse, mittlere und kleine Arbeiterinnen haben, das Zahlenverhältnis der Keimchen der grossen zu denen der kleinen in verschiedenen Eiern ein wechselndes sein und aus dem Ei eine grösste oder eine kleinste oder aber eine Arbeiterin mittlerer Grösse hervorgehen lässt, je nachdem die einen oder die anderen Keimchen allein vorhanden sind, oder eine Mischung beider Arten von Keimchen vorliegt; denn wenn Königinnen- und Arbeiterinnenkeimchen verschiedenen Entwickelungsreizen folgen, so werden verschiedene Arbeiterinnenkeimchen nicht auf einen und denselben Entwickelungsreiz reagieren.

Die von uns vorgetragene Lehre von der Vererbung erworbener Eigenschaften dürfte an und für sich genommen unanfechtbar sein. Es fragt sich aber, welche Thatsachen sich zu ihren Gunsten anführen lassen. Sie wird uns misstrauisch gegen die angeblichen Fälle einer Vererbung solcher Eigenschaften machen, die nicht durch eine Veränderung der Gesamtkonstitution des Organismus, sondern

durch Modifikation einzelner Körperteile erworben wurden. Unter diesen spielen die Verstümmelungen eine grosse Rolle in der vererbungstheoretischen Litteratur. So soll es auf einem Gute bei Jena vorgekommen sein, dass einem Zuchtstier durch eine zugeschlagene Stallthür der Schwanz abgeklemmt wurde, und dass der betreffende Stier fortan nur noch schwanzlose Kälber zeugte. Indessen hat die betreffende Mitteilung nur den Wert einer Anekdote, weil sie nicht genügend belegt ist. Ein gleiches gilt von vielen anderen Fällen, die einen Eingang in die Litteratur gefunden haben. Für manchen sind zwar alle nötigen Belege vorhanden, indessen hat kein einziger dieser Fälle einer kritischen Prüfung Stand gehalten. Es hat sich niemals in völlig überzeugender Weise darthun lassen, dass es sich in den betreffenden Fällen wirklich um die Vererbung einer erworbenen Verstümmelung und nicht um das zufällige Zusammentreffen von Ereignissen handelte, welche die Vererbung einer erworbenen Verstümmelung vortäuschten, und Experimente, die man angestellt hat, haben gleichfalls nichts erbracht, was für die Vererbbarkeit erworbener Verstümmelung spräche. Dagegen ist z. B. zu betonen, dass die Jahrhunderte oder Jahrtausende lang geübte Beschneidung bei den Semiten und die Verstümmelungen der Füsse bei Chinesinnen keine nachweisbaren vererbten Folgen gehabt haben. Anderseits scheinen etliche wilde Tierarten die Vererbung von Verstümmelungen zu beweisen. Zu diesen gehört die Saatkrähe (Corvus frugilegus), obwohl gerade sie früher gegen das Vorkommen einer Vererbung von Verstümmelungen angeführt worden ist. Sie hat nämlich ein federloses Gesicht, eine ihre Schnabelwurzel umgebende nackte Region am Kopfe, und man nahm an, das sie hier die Federn verlöre, weil sie die Gewohnheit habe, mit ihrem Schnabel tief in der Erde zu bohren und dabei die Federn in der Umgebung der Schnabelwurzel abzustossen. Da nun die Jungen der Saatkrähe das Nest mit völlig befiederten Schnabelwurzeln verlassen, so sagte man zuerst, hier habe wahrscheinlich seit uralten Zeiten eine Verstümmelung stattgefunden, ohne dass sie vererbt worden wäre. Hiergegen wurde aber geltend gemacht, dass es auf einem Irrtum beruhe, wenn man annähme, die Saatkrähe stosse die Federn in der Umgebung ihrer Schnabelwurzel ab. Man fand nämlich, dass diese Federn von selbst ausfallen, eine Beobachtung, die man leicht machen kann, wenn man Nestjunge der Saatkrähe auffüttert und sie am Bohren in der Erde und an einer sonstigen Beschädigung der betreffenden Federn verhindert. Daraus schien sich der Schluss zu ergeben, dass hier in der That eine Vererbung einer Verstümmelung vorliege; denn man nahm an, dass die Kahlheit der Schnabelwurzelumgebung ursprünglich von der Saatkrähe durch Abstossung der Federn beim Bohren mit dem Schnabel im Erdboden erzeugt worden sei. Allein diese Annahme ist nicht gerechtfertigt; denn man kann

auch annehmen, dass die Saatkrähe auf andere Weise zu der Kahlheit ihrer Schnabelwurzelumgebung gekommen ist, ebenso wie die jungen Saatkrähen es noch heute thun, so dass auch die Saatkrähe ebensowenig für die Vererbung von Verstümmelungen angeführt werden darf, wie früher dagegen.

Indessen beweist das Fehlen eines Falles der Vererbung von Verstümmelungen nichts gegen die Möglichkeit einer Vererbung von Eigenschaften, die durch Veränderungen der Gesamtkonstitution erworben sind. Wir haben ja erkannt, dass es sich bei der Erwerbung neuer Eigenschaften seitens eines Organismus immer um die Auslösung von Processen handelt, deren Ursachen schon vorher ganz oder teilweise im Organismus gegeben waren. Deshalb kann die mutmaassliche Unmöglichkeit der Vererbung von Verstümmelungen darauf beruhen, dass Verstümmelungen nicht geeignet sind, Umbildungsprocesse an den Keimzellen indirekt auszulösen.

Dafür, dass die Vererbung erworbener Eigenschaften in der bisher üblichen Auffassungsweise möglich sei, hat man die sogenannten Xenien und das, was man Keiminfektion nennt, herangezogen, weil die hierher gehörigen angeblichen Thatsachen eine Beeinflussung des Organismus von einem Körperteil und deshalb auch eine Umbildung der Keimzellen von einem Organ aus zu beweisen schienen. Von Xenien spricht man, wenn mit Pollen einer andern Art oder Rasse befruchtete Pflanzen ausserhalb der befruchteten Eizelle Eigenschaften der Art oder Rasse, welcher der Pollen entstammt, anzunehmen scheinen. Angebliche Xenien sind z. B. vom Mais beschrieben worden. Aber ihr Vorkommen ist hier, wie überall, zweifelhaft. Unter Keiminfektion versteht man die angebliche Thatsache, dass die Nachkommen eines weiblichen Individuums nicht ihrem Vater, wohl aber einem andern Männchen, von dem das betreffende Weibchen früher einmal Junge gehabt hat, ähnlich sind. So soll es vorkommen, dass menschliche Weiber in zweiter Ehe Kinder gebären, die dem Mann aus erster Ehe ähneln. Entsprechendes ist von Sauen beobachtet worden, die man mit einem wilden Eber kreuzte und später wieder zu Ebern ihrer eigenen Rasse brachte. Ein berühmter Fall von angeblicher Keiminfektion wird von einer Stute des Lord Morton berichtet, die von einem Quagga und später wieder von einem Hengst ihrer eigenen Rasse belegt wurde. Auch im letzteren Falle soll sie ein Füllen geworfen haben, das Charaktere des Quaggas besass. Allein alle diese Fälle sind für das Vorkommen einer Keiminfektion nicht beweisend. Pferde z. B. zeigen öfters eine Streifung, die dem des Quagga und anderer Wildpferde ähnlich ist. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um Rückschläge auf weit zurückliegende Vorfahren. Auch für die vom Menschen angeführten Fälle von Keiminfektion liegen keine sicheren Beweise vor. Wenn es

z. B. vorgekommen sein soll, dass eine Frau der weissen Rasse, die ein Kind von einem Neger gehabt hatte, auch nach ihrer Verheiratung mit einem Manne der eigenen Rasse noch ein Mulattenkind gebar, so liegt die Annahme nahe, dass auch der Vater dieses Kindes ein Neger oder ein Mulatte war, oder wenigstens afrikanisches Blut in sich hatte, welch letzteres natürlich auch von der Frau oder von ihrem zweiten Manne angenommen werden kann. Und wenn auch Tierzüchter vielfach an eine Keiminfektion glauben und es höchst ungern sehen, dass ein reinrassiges weibliches Tier von einem männlichen fremder Rasse belegt wird, weil sie glauben, es würde dadurch nicht nur der aus dieser Kreuzung hervorgehende Wurf, sondern auch jeder folgende verdorben, so ist doch bisher kein Tierzüchter in der Lage gewesen, einen überzeugenden Fall von Keiminfektion beizubringen, weshalb wir das Vorkommen einer solchen Infektion bezweifeln dürfen. Dass sie unmöglich sei, ist damit freilich noch nicht gesagt. Denn, wenn auch die Annahme, dass es sich bei der Keiminfektion um eine Befruchtung unreifer Eier seitens des fremdrassigen Männchens handelt, wahrscheinlich zurückgewiesen werden muss, so ist es doch nicht ausgeschlossen, dass weibliche Tiere Bildungsstoffe von Embryonen, die aus einer Kreuzung dieser Tiere mit fremdrassigen Männchen hervorgegangen sind, in ihre eigene Körpersubstanz aufnehmen und verbreiten, so dass auch die noch unreifen in ihrem Eierstock befindlichen Eizellen einen Teil davon bekommen. Entsprechendes müsste man auch im Falle der Xenien annehmen.

Allein, wenn es auch keine Xenien und keine Keiminfektion giebt, so hat man gleichwohl das Recht, eine Vererbung erworbener Eigenschaften durch Umbildung der Gesamtkonstitution anzunehmen, da hierfür ausser allgemeinen Gründen zahlreiche Thatsachen angeführt werden können, u. a. die folgenden: Eine Art der Gänsekressen, Arabis anachortica, eine Crucifere, die in höhlenartigen Stellen auf den Alpen gefunden wird und sehr dünne papierartige Blätter hat, wurde im botanischen Garten von Kew kultiviert. In drei aus Samen gezogenen Generationen erhielt man Pflanzen, die wegen ihrer Charaktere zu Arabis alpina zu stellen waren. Wenn man Gartenkresse (Lepidium sativum) mit Salzwasser begiesst, so werden die Blätter viel saftiger; Samen von solcher Kresse produciert Pflanzen, deren Blätter unter denselben Bedingungen noch saftiger werden. Sämlinge des Pastinaks (Pastinaca sativa) verloren im botanischen Garten der Ackerbauschule zu Cirencester nach und nach ihre Haare und wurden schliesslich völlig glatt. Auf diese Weise entstand im Jahre 1847 eine Kulturvarietät, die in England noch gegenwärtig unter dem Namen „Student" als die beste gilt. In dem abnorm heissen Jahre 1893 traten in Mitteleuropa zahlreiche Vertreter ausgesprochen südlicherer Schmetterlings-

Arten in wesentlich nördlicheren Gegenden auf, und es erschienen in diesem Jahre eine ganze Anzahl mitteldeutscher Arten zu vollkommen abnormer Zeit. Dasychira abietis lieferte bereits im August viele Falter, die eigentlich erst im Juni oder Juli 1894 hätten ausschlüpfen sollen. Sie waren, verglichen mit den normalen Schmetterlingen, sichtlich kleiner und von lichterer Farbe und ergaben in den Jahren 1894 und 1895 abermals eine doppelte Generation von Faltern, die von gleicher Beschaffenheit wie die im heissen Jahre 1893 ausgeschlüpften waren. Diese zweimalige Wiederholung der doppelten Generation, die an den Flugorten der Art vielleicht niemals beobachtet wurde, wird mit Recht als eine Vererbung der im Jahre 1893 erworbenen Eigenschaften gedeutet; denn im Jahre 1894 und 1895 fiel das Wachstum der Raupen keineswegs in eine Herrschaft irgendwie ausgesprochen hoher Temperatur. Und wenn es sich bei dieser Vererbung vielleicht nur um eine direkt seitens der Keimzellen gemachte Erwerbung handelte, so haben wir zu bedenken, dass sich zwischen solchen und den auf späteren Entwickelungsstadien gemachten Erwerbungen keine Grenze ziehen lässt. Die betreffende Erwerbung war eine Folge hoher Temperatureinflüsse. Solche können aber die Keimstoffe warmblütiger Tiere nur auf dem Umwege des Körpers umbilden. Denn Tiere mit eigenwarmem Blut haben auch in heissen Gegenden keine wesentlich höhere Temperatur als anderswo. Bilden sie sich, dorthin versetzt, dennoch erblich um, so kann es sich dabei nicht um direkte Beeinflussung des Keimmateriales durch die Hitze handeln. Solche Umbildung kommt aber vor. Wenn nämlich europäische Schafe nach tropischen Gegenden, z. B. nach Indien, gebracht werden, so verlieren sie ihre Wolle, und das Haar wird in drei Generationen seidenartig.

Nach allem obigen können wir nicht wohl daran zweifeln, dass erworbene Eigenschaften vererbt werden, und dass ihre Erwerbung und Vererbung das einzige Mittel ist, mit dem die stammesgeschichtliche Umbildung der Organismen arbeitet. Aber wir haben zuzugeben, dass sich nicht bloss stammerhaltende, sondern auch stammbedrohende Umbildungen vererben können, dass auf dem Wege der Vererbung erworbener Eigenschaften eine Degeneration eintreten kann, für die namentlich Haustiere und Menschen zahlreiche Beispiele liefern. Wir brauchen nur an die Vererbung der Geisteskrankheiten zu denken. Ausserdem haben wir zu beachten, dass aus unserm Nachweis, dass die Bildung erhaltungsmässiger Formen unmöglich eine zufällige sein kann, noch nicht folgt, dass nicht die Organismenformen nach äusserst zahlreichen Richtungen hin abzuändern fähig sind. Denn wir haben nicht gezeigt, dass dies unmöglich sei, sondern nur, dass viel mehr erhaltungsmässige Formen erzeugt werden, als es der Fall sein müsste, wenn die Entstehung erhaltungsmässiger Formen auf zufälliger Form-

bildung beruhte. Es ist aber trotzdem denkbar, dass die Organismenarten nach allen vorstellbaren Richtungen hin abändern können, vorausgesetzt, dass die Fortpflanzungsfähigkeit der Organismen grösser wäre, als sie es thatsächlich ist. Denn die Thatsache, dass verhältnismässig viel mehr erhaltungsmässige Organismen erzeugt werden, als es nach einer Zufallstheorie stattfinden dürfte, hat vielleicht darin ihren Grund, dass die äusseren Anstösse zur Formbildung derartige sind, dass die Anzahl erhaltungsmässiger Formen so gross werden muss, wie wir es thatsächlich finden, vielleicht aber nicht darin, dass nicht alle denkbaren Formen möglich, falls nur die erforderlichen Bedingungen und Reize vorhanden wären.

Wir müssen uns, um die hier vorliegende Frage beantworten zu können, erst darüber klar werden, was wir denkbar nennen. Denn für verschiedene Auffassungsweisen hat das Denkbare sehr verschiedene Ausdehnung. Für den Ungebildeten sind viele Dinge denkbar, die dem Gebildeten undenkbar erscheinen, und dem Fachmann ist vieles undenkbar, was dem Laien als durchaus denkbar vorkommt. Der Künstler schafft manche Formen, z. B. Menschenkörper mit Vogelflügeln, die als lebende Organismen dem Naturforscher durchaus undenkbar sind. Aber auch mancher Naturforscher hält vieles für denkbar, was einem andern unmöglich erscheint. So giebt es Naturforscher, die es für denkbar halten, dass die Raubsäuger direkt von Raubreptilien abstammen, was jemandem, der sich eingehend mit der Entwickelungslehre und mit der Naturgeschichte der Säugetiere vertraut gemacht hat, durchaus undenkbar vorkommt. Es giebt auch Gelehrte, die der Ansicht sind, man könne in Bezug auf die Abstammung des Menschen ebensogut von einer Elefantentheorie sprechen, wie von einer Affentheorie, d. h. den Menschen ebensogut vom Elefanten abstammen lassen, wie vom Affen, was für einen Zoologen durchaus undenkbar ist. Allein die Meinungsverschiedenheiten über das, was denkbar und undenkbar sei, gehen noch viel weiter. Manchen Zoologen der Gegenwart dürfte es durchaus denkbar sein, dass der Mensch etwa von einem gorillaähnlichen Affen abstammt. Es giebt aber Zoologen, denen dieses ebenso undenkbar ist, wie es den andern denkbar erscheint.

Es könnte hiernach erscheinen, dass es sehr schwer sei, über die Frage, ob sich ein Organismus nach allen denkbaren Richtungen hin verändern könnte, wenn nur die nötigen Bedingungen erfüllt wären, eine Entscheidung zu treffen. Allein dies wäre ein Irrtum. Denn der Organismus ist durchaus nach physikalischen und chemischen Gesichtspunkten zu beurteilen, und jedes Atom in ihm kann nur diejenigen Verlagerungen erleiden, die nach physikalischen und chemischen Gesetzen möglich sind. Aus der Physik und Chemie wissen wir aber, dass

die Anzahl dieser Möglichkeiten, wenn auch eine sehr grosse, so doch eine notwendigerweise beschränkte ist. Wir müssen also, wenn wir unter den denkbaren Veränderungen des Organismus nur solche verstehen, die nach den Gesetzen der Physik und Chemie möglich sind, zugeben, dass alle denkbaren Veränderungen, eben weil sie möglich sind, auch eintreten können, vorausgesetzt, dass die dazu nötigen Bedingungen erfüllt sind. Wenn wir aber die Bezeichnung denkbar auch auf solche Veränderungen ausdehnen, die nicht möglich sind, so ist es selbstverständlich, dass der Organismus nicht nach allen denkbaren Richtungen hin variieren kann. Darüber nun, was möglich und was nicht möglich ist, hat in jedem einzelnen Falle die Forschung eine Untersuchung anzustellen, und das Resultat wird in allen Fällen das sein, dass jeder Teil des Organismus nur nach bestimmten Richtungen variieren kann, und dass bei der Abhängigkeit eines Teiles des Organismus von den anderen Teilen auch für den gesamten Organismus die Zahl der Abänderungsmöglichkeiten eine beschränkte ist. Immerhin ist sie eine sehr grosse, und die Abänderungen, die der Organismus erleiden kann, sind nicht in allen Fällen erhaltungsmässig.

Es könnte scheinen, dass wir mit diesem Ausspruch unserm früheren Resultat widersprechen, wonach die Anzahl der erhaltungsmässigen Abänderungen viel grösser ist, als sie es nach einer Theorie der zufälligen Formbildung sein müsste. Allein ein Widerspruch liegt hier nicht vor. Denn ob die Zahl der erhaltungsmässigen Abänderungen zu der Zahl der nicht erhaltungsmässigen in demjenigen Verhältnis steht, das sich aus den Prämissen einer Theorie der zufälligen Formbildung auf Grund der Wahrscheinlichkeitsrechnung ergiebt, oder ob die Zahl der erhaltungsmässigen Abänderungen gegenüber der der thatsächlich beobachteten Abänderungen eine grosse oder kleine ist, das sind zwei durchaus verschiedene Fragen, Fragen, deren Verschiedenheit dem nicht klar geworden ist, der eine Theorie der zufälligen Formbildung für möglich hält.

Nach alledem, was wir über die Ursachen, Bedingungen und Auslösungen der Veränderungen der Organismenform ermittelt haben, können wir nur zu folgendem Ergebnis gelangen: Ein erhaltungsmässiger Organismus, einerlei, ob er sich von seinen Erzeugern unterscheidet oder nicht, entsteht da, wo zur rechten Zeit am rechten Orte die rechten Einflüsse auf den rechten Organismus einwirken. „Zur rechten Zeit"; denn ein im Winter der Puppenhülle entschlüpfter Sommerschmetterling ist kein erhaltungsmässiger Organismus, mag er auch für eine andere Zeit noch so gut konstituiert und ausgerüstet sein. „Am rechten Orte"; denn eine auf nur zeitweilig feuchtem Boden zur Keimung gelangende Wasserpflanze ist für diesen Ort kein erhaltungsmässiger Organismus, auch wenn das Samenkorn, aus dem sie entstanden ist,

im Wasser eine tadellose Wasserpflanze geliefert haben würde. Unter den „rechten Einflüssen"; denn zur Vollziehung einer Formbildung, mag diese nun eine neue sein oder eine frühere Formbildung wiederholen, sind ganz bestimmte Bedingungen und die erforderlichen Auslösungen nötig. Endlich muss eine Organismenform das „rechte" Erzeugerpaar haben; denn für eine vakante Stelle im Naturhaushalt passt in allen Fällen nur ein Individuum einer ganz bestimmten Organismenart, und dieses kann nur aus ganz bestimmtem Bildungsmaterial entstehen.

Man kann die Dinge, um die es sich hier handelt, nicht besser erläutern, als durch das Gleichnis vom Säemann. Von dem, was er säte, so heisst es, fiel etliches auf den Weg, und die Vögel kamen und frassen es. Anderes fiel auf steiniges Erdreich und ging zwar bald auf, verwelkte aber aus Mangel an tiefgehenden Wurzeln. Manche Körner fielen unter Dornen, welche die jungen Pflanzen erstickten. Und nur weniges fiel auf gutes Land und trug Frucht. So ist es nicht bloss bei Samen von Feldfrüchten, sondern bei allen Organismen überhaupt.

Das Gleichnis vom Säemann macht uns aber noch auf einen andern wohl zu beachtenden Punkt aufmerksam. Es heisst, dass etlicher Samen auf steiniges Erdreich fiel und hier aufging, dass die daraus entstandenen Pflanzen dann aber zu Grunde gehen mussten, weil die Sonne sie verdorrte, und ferner, dass die Pflanzen, die aus dem unter Dornen gefallenen Samen hervorgingen, durch die Dornen erstickt wurden. Die Auffassung der Naturvorgänge, die sich durch diesen Ausspruch offenbart, ist die allein zutreffende. Denn die Variation der Organismen erfolgt durchaus in Abhängigkeit von ihrer Umgebung, und wo sie eine ungünstige ist, da hat die Umgebung direkt schädigend auf den Organismus eingewirkt, nicht aber verhält sich die Sache so, dass Variationen unabhängig von der Umgebung entstehen, und dass nun darüber entschieden würde, ob sie wohl in diese Umgebung hineinpassen oder nicht. Solches hätte wohl eine Theorie der zufälligen Formbildung anzunehmen, aber aus der Unmöglichkeit dieser Annahme ersehen wir wiederum, dass eine derartige Theorie unzulässig ist. Die Natur übt, wenn wir sie einmal personificieren dürfen, nicht mit der einen Hand eine Auswahl unter dem, was sie mit der andern Hand hervorgebracht hat. Sondern was sie verdirbt, das hat oft nur die eine, oft nur die andere Hand verbrochen, ebenso oft freilich auch beide. Das heisst, der Organismus kann durch eine Reihe verschiedener Beeinflussungen so geschädigt werden, dass er nicht weiter zu existieren vermag. Diese Einwirkungen können einmalige oder wiederholte sein. Sie können im letzteren Falle in Wiederholung derselben schädigenden Einflüsse bestehen, oder auch in einer Anzahl verschiedenartiger. Es kann z. B. die Seuchenfestigkeit des Menschen durch schlechte Nahrung oder durch

Aufenthalt in einem ungünstigen Klima geschädigt worden sein, und darauf kann der betreffende Mensch von einer Infektionskrankheit befallen werden, die ihn vielleicht auch ohne vorhergegangene Schädigung seiner Konstitution dahingerafft haben würde, vielleicht aber auch nicht. Von einer Auslese der Natur unter allen möglichen Organismenformen kann also durchaus nicht die Rede sein, sondern die Natur wirkt auf die zu einer bestimmten Zeit vorhandenen erhaltungsmässigen Organismenformen so ein, dass sie oder ihre Abkömmlinge notwendigerweise schliesslich zugrunde gehen oder blühen und gedeihen, sei es, dass sie dabei unverändert bleiben oder sich umbilden. Es kann also auf keinem Zufall beruhen, wenn am rechten Orte zu rechter Zeit das Rechte entsteht. Die Ursachen, Bedingungen und Anstösse, mit denen die Natur bei der Umbildung der Organismenformen arbeitet, müssen wegen der Unmöglichkeit einer Zufallstheorie so beschaffen sein, dass die Wüste notwendigerweise Wüstentiere und Wüstenpflanzen, das Wasser notwendigerweise Wassertiere und Wasserpflanzen hervorbringt, kurz, dass jede Örtlichkeit gerade diejenigen Organismen schafft, die auf ihr zu existieren vermögen.

Der Beweis dafür, dass der für eine bestimmte Umgebung charakteristische und in ihr erhaltungsmässige Organismus das notwendige Produkt der Einwirkung eben dieser Umgebung auf das Bildungsmaterial, aus dem er entstanden, und auf dasjenige seiner dieser Umgebung angehörigen Vorfahren ist, lässt sich auf Grund der Physik und Chemie in strengster Form führen.

Überall, wo in der Natur Ruhe herrscht, besteht Gleichgewicht zwischen Energiegrössen. Das gilt für sämtliche Formen der statischen Energie: für die im engeren Sinne mechanische, für die physikalische im engeren Sinne, d. h. für die thermische und elektrische, und für die chemische Energie, der als besondere Form die Krystallisationsenergie zuzurechnen ist. Von Gleichgewicht in gewissem Sinne kann man aber auch da sprechen, wo eine derartige längere oder kürzere Zeit bestehende Form beobachtet wird, wie es die einer Gasflamme, die eines Wasserstrudels und die eines aus einer Öffnung hervorströmenden Flüssigkeitsstrahles ist. Ein kompliciertes Gleichgewichtssystem in annähernd diesem Sinne ist der Organismus. Er stellt gewissermaassen eine Mittelform zwischen einem Krystall und einer Gasflamme oder einem Wasserstrahl dar. Während sich Gasflamme und Wasserstrahl dadurch vom Organismus unterscheiden, dass sie ihre Form zum Teil der Form der Ausströmungsöffnung verdanken, der Organismus die seinige aber zum Teil den bestimmt verteilten Anziehungspolen der Moleküle seines Bildungsmateriales, gleichen sie ihm darin, dass sie gleich ihm von Stoff durchströmt werden; und während sich der Krystall dadurch vom Organismus unterscheidet, dass jedes

seiner Moleküle an seinen Ort gebannt ist, gleicht er diesem darin, dass deren Anordnung ebenso wie die vieler Moleküle des Organismus nur durch die Annahme bestimmt verteilter Anziehungsrichtungen der Moleküle verständlich wird. Der Organismus gleicht demnach gewissermaassen einem Krystall, der auf bestimmten Bahnen von bestimmten Stoffen durchflossen wird und ständig einem Abbruch und Wiederaufbau unterworfen ist, dabei aber immer geformt bleibt.

Die Form des Organismus ist nun das direkte Produkt aus dem Zusammenwirken der Stoff- und Energiemengen und -Arten, die in dem von ihm eingenommenen Teile des Raumes — innerhalb seiner Oberfläche — miteinander in Berührung kommen, und sie muss sich ändern, sobald sich jene nach Art und Quantität ändern. Wie ein Wasserstrahl nur so lange seine eigentümlich gedrehte Form und die der von ihm beschriebenen Parabel bewahrt, als die Ausströmungsgeschwindigkeit und die Form der Ausströmungsöffnung, sowie alles andere, was auf seine Form Einfluss haben kann, unverändert bleibt, und wie ein in einer Flüssigkeit befindlicher, an einem Ende roter und am andern blauer Streifen von Lackmuspapier nur so lange an jenem Ende rot und an diesem blau bleibt, als die ihn bergende Flüssigkeit neutral ist, bleibt auch der Organismus nur so lange unverändert, als dieselben Stoff- und Energiearten in denselben Quantitäten und in derselben Verteilung ihm zugeführt, bezw. aus ihm entfernt werden.

Nun kommt für die Erhaltungsmässigkeit des Gleichgewichtssystems, das der Organismus darstellt, ebenso wie bei allen anderen Gleichgewichtssystemen, direkt nur die chemische Zusammensetzung, d. h. die Molekularform, die Quantität und die Verteilung der an dem System beteiligten Stoffe, und die Form, d. h. die Art der Bewegung, die Quantität und die Verteilung der an dem System beteiligten Energieen in Betracht. Das, worum es sich dabei handelt, nennen wir Gefügefestigkeit. An das Gefüge von unversehrten Körpern von der Art des Krystalles und des Organismus ist aber naturgesetzlich äussere Form gebunden, und das Gefüge selbst ist innere Form, Struktur, Atom- und Molekülanordnung, und bedingt naturgesetzlich als solche die Qualitäten des Körpers, seine Farbe, seinen Duft und Geschmack, seinen Klang, seine Wärme, und bei komplicierten Gebilden, wie es die Organismen sind, auch die Verteilung der Qualitäten, z. B. die Farbenverteilung, die Zeichnung, indem sie das vom Körper ausgehende oder reflektierte Licht, an dessen Schwingungszahl ja naturgesetzlich je nach deren Höhe diese oder jene Farbe gebunden ist, modificiert und gewissermaassen siebt.

Die äussere Form eines Körpers und die Struktur, die seine Farbe, seinen Klang, seinen Duft und Geschmack, seine Wärme bedingt, können wir im Gegensatz zu seiner Gefügefestigkeit oder seiner

Konstitution als seine Ausstattung oder Dotation bezeichnen. Die Härte, die leichtere oder schwerere Spaltbarkeit und Löslichkeit eines Krystalles, seine Widerstandsfähigkeit gegen Erhitzung sind Eigenschaften seines Gefüges; die äussere Form, die seine Farbe und seinen Geschmack bedingende Molekularstruktur solche seiner Ausstattung. Grosse oder geringe Widerstandsfähigkeit eines Organismus gegen Hitze und Kälte, die auf seine inneren Organe einwirken, gegen Austrocknung und Durchtränkung, gegen Chemikalien, sind Eigenschaften seiner Gefügefestigkeit; die Form und Farbe seiner Organe, der Klang seiner Stimme, der Duft, den er ausströmt, sind Eigenschaften seiner Ausstattung.

Jeder unorganische und jeder organische Körper ist nun desto erhaltungsmässiger, widersteht um so länger den Einwirkungen, die seine mechanische Zertrümmerung oder seine chemische Zersetzung herbeizuführen suchen, je widerstandsfähiger seine Gefügefestigkeit gegen diejenige Reihe von Einwirkungen physikalischer und chemischer Energie ist, auf die er in der ihm eigenen Umgebung im Laufe der Dinge und während der Zeit seines Daseins stossen muss — ein Satz, der von sämtlichen Körpern ohne Ausnahme gilt. Für die Erhaltungsmässigkeit mancher Gebilde kommt aber auch deren Ausstattung in Betracht. So schmilzt eine aus einem kompakten Eisblock herausgedrechselte Kugel in warmem Wasser weniger schnell als eine aus demselben Eisblock herausgearbeitete dünne Tafel von gleichem Rauminhalt, obgleich beide dieselbe Gefügefestigkeit haben und zu ihrer Auflösung dieselbe Energiemenge beanspruchen; und eine Zahnradbahnlokomotive mit vollkommen passenden Radzähnen ist der Gefahr des Entgleisens weniger oft ausgesetzt, als eine aus demselben Material gefertigte und ebenso gut gefügte Lokomotive mit schlecht passenden Radzähnen. Im höchsten Grade kommt die Ausstattung aber bei den Organismen neben der Widerstandsfähigkeit des Gefüges, neben der Gefügefestigkeit, für die Erhaltungsmässigkeit in Betracht. Die Form, Farbe und Anordnung der Organe ist für ihre Erhaltungsmässigkeit in sehr vielen Fällen von ausschlaggebender Bedeutung, so die Form der Schneidezähne bei Nagern, die Farbe der Flügel bei manchen Schmetterlingen und die Anordnung der Haftscheiben an dem Kopf eines Bandwurmes.

Da nun ein Organismus, wie wir gesehen haben, genau ebenso die Resultierende aus den seinem Bildungsmaterial hinzugefügten Arten und Quantitäten von Stoffen mit der an ihnen haftenden chemischen Energie, aus den übrigen auf ihn einwirkenden Formen und Quantitäten der Energie und aus den Formen seiner Moleküle ist, wie die Form eines Strahles ausfliessenden Wassers die Resultierende aus Menge des zugeführten Wassers, Form der Ausflussöffnung, Ausflussgeschwindigkeit, Schwere und anderen Energiearten und Energiequantitäten, wie die

Form und die Verteilung der Farben in einer Gasflamme die Resultierende aus der chemischen Beschaffenheit des ausströmenden Gases, aus dessen Ausströmungsgeschwindigkeit, aus der Form der Ausströmungsöffnung und aus der chemischen Beschaffenheit sowie aus dem Ruhe- oder Bewegungszustande der sie umgebenden Luft, und die Form eines Krystalles die Resultierende aus der Beschaffenheit seiner Moleküle, insbesondere aus der Verteilung von deren Anziehungspolen, und der chemischen und physikalischen Beschaffenheit seiner Mutterlauge, da der Organismus, gleich Flamme und Wasserstrahl, sein Gefüge und mit ihm seine äussere Form und die seiner Organe so lange wahren muss, wie Zufuhr bezw. Abfuhr von Stoff und Energie an jedem Punkte seines Körpers unverändert bleiben, und da er, wiederum gleich Wasserstrahl und Flamme, sein Gefüge genau den Veränderungen entsprechend, die er an jedem Punkte seines Körpers in Bezug auf Zu- und Abfuhr von Stoff und Energie erleidet, verändern muss, da sein Gefüge, mit einem Wort, in jedem Zeitdifferential seines Daseins die Resultierende aus den Stoff- und Energiearten und -Quantitäten ist, die auf jeden Punkt seines Körpers, hier so und dort anders, einwirken, so ist die Erhaltungsmässigkeit seiner Gefügefestigkeit das Produkt aus den von ihm aufgenommenen Arten und Quantitäten von Stoffen und den auf ihn einwirkenden Energieformen und Energiemengen, ein Produkt, kurz, aus der Reizung, die seine Umgebung im Laufe seines Daseins auf ihn ausübt. Demnach ist die typische erhaltungsmässige Gefügefestigkeit einer Organismenart, deren Individuen eine durch Bodenbeschaffenheit, Klima und tierische und pflanzliche Bewohnerschaft in typischer Weise charakterisiertes Gebiet bewohnen, die notwendige Resultierende aus der typischen Stoff- und Energiezu- und -Abfuhr, aus der typischen materiell-energetischen Reizung, die typisches Bildungsmaterial dieser Organismenart und ihrer Vorfahrenformen in diesem typisch charakterisierten Wohngebiet im Laufe der Zeit erfahren hat.

Das gilt aber nicht bloss für die Erhaltungsmässigkeit der Gefügefestigkeit, sondern auch für die Erhaltungsmässigkeit der Ausstattung; denn da alle qualitative Eigenschaften bedingenden Besonderheiten des Gefüges sowohl, als auch die Form der Organe und die äussere Form des Organismus, oder wenigstens die, welche er infolge von Reizung annehmen kann, naturgesetzliche Begleiter seiner inneren Struktur sind, so sind auch sie notwendige Resultierende aus Bildungsmaterial und Reizung des Organismus. Die typischen Reize, die in einem durch Bodenbeschaffenheit, Klima und tierische und pflanzliche Bevölkerung in typischer Weise charakterisiertem Gebiet auf typisches Bildungsmaterial einer Organismenart und ihrer diesem Gebiete angehörigen Vorfahrenschaft im Laufe der Zeit eingewirkt haben, haben die typische erhaltungsmässige Ausstattung dieser Organismenart hervorgerufen. So ist nicht

bloss die Widerstandsfähigkeit der Krystalllinse des Auges, sondern auch ihre Durchsichtigkeit, die notwendige Resultierende aus ihrem Bildungsmaterial und den stofflich-energetischen Reizen, die es getroffen haben und noch treffen.

Falls die Möglichkeit dauernden organischen Lebens in unserer Welt gegeben sein sollte, konnte es schlechterdings nicht anders sein, als dass der der ihn treffenden und für ihn charakteristischen Reihe von typischen Reizen gegenüber physikalisch und chemisch haltbarste Organismus, d. h. der durch diese typische Reihe von Reizen verschiedener Art und Stärke am schwersten zu zertrümmernde und zu desorganisierende, vielfach auch der für die Umgebung, die eben diese Reizreihe mit sich brachte, in jeder andern Beziehung erhaltungsmässigste sein musste. Denn da ein Organismus, der erhaltungsmässig sein soll, sowohl mit seinem Gefüge als auch mit seiner Ausstattung in diejenige Umgebung hineinpassen muss, in welche er hineingesetzt worden ist, in welcher er lebt, und welche auf ihn einwirkt, da, ferner, Ausstattung naturgesetzliche Begleiterin des Gefüges ist, und da, endlich, durch typische Reizung typischen Bildungsmateriales typisches Gefüge entstehen muss, so musste von vornherein eine Begleitung der mechanisch-energetischen Beschaffenheit der Natur durch eine Ausstattung, welche Organismen ermöglichte, d. h. Körper, deren Erhaltungsmässigkeit nicht bloss auf genügender Widerstandsfähigkeit des Gefüges, sondern auch auf hochgradiger Zulänglichkeit der Ausstattung beruht, gegeben sein.

Damit unser fundamentales Ergebnis vollkommen verstanden werde, wird es gut sein, es an einigen Beispielen zu erläutern, womit zugleich der Nachweis verbunden werden mag, dass Einwände gegen seine Richtigkeit unmöglich sind.

Wer den Punkt nicht beachtet, dass in einer heute durch Bodenbeschaffenheit, Klima und tierische und pflanzliche Bevölkerung typisch charakterisierten Gegend, z. B. einer Wüste, schon vor und während der allmählichen geologischen Herausbildung ihrer Eigentümlichkeiten Organismen verschiedener Arten, jede charakterisiert durch typisches Bildungsmaterial, leben mochten, oder dass eine solche Gegend während oder nach der Entstehung ihres besonderen Gepräges Einwanderer verschiedener Tier- und Pflanzenarten aus benachbarten Gegenden erhalten konnte, dürfte möglicherweise die Frage aufwerfen, weshalb denn diese Gegend nicht ausschliesslich eine einzige Art von Organismen berge, da ja gerade sie es sein solle, die ihren Bewohnern eigenartiges Gepräge aufdrückt. Das Petschaft, das sie gebrauche, könnte man sagen, sei immer dasselbe, deshalb müssten auch alle mit diesem Petschaft geformten Siegel einander gleich sein. Allein der Organismus ist kein Siegellack, und die Natur bedient sich keines Petschaftes.

Jeder Organismentypus bietet den physikalischen und chemischen Reizen der Umgebung eigenartige Angriffspunkte in eigenartiger Verteilung dar. Die organisierten Körper gleichen hierin den unorganischen. Ein Stück Zucker löst sich in destilliertem kohlensäurefreien Wasser auf, ein Stück Marmor aber nicht, obgleich solches Wasser beidemale das gleiche ist; und ein Luftzug wird die Form einer Gasflamme mit rundem Querschnitt in anderer Weise modificieren als die einer fächerförmigen, auch wenn er beide aus derselben Richtung mit derselben Stärke und Gleichmässigkeit trifft. So ist es auch bei Organismen. Die innere Oberfläche einer Säugetierlunge mit ihren Millionen und aber Millionen von Lungenbläschen bietet der Luft eine viel gewaltigere Angriffsfläche dar als der einfache schlauchförmige Lungensack eines Amphibiums. Und weil die typische Eigenart der Angriffspunkte und ihrer Verteilung bei verschiedenen Organismenarten eine verschiedene ist, deshalb ist die typische Reizung typisch verschiedener Organismenarten verschieden, trotzdem sie eine und dieselbe Gegend bewohnen können, und deshalb können in einer und derselben Gegend Organismen sehr verschiedener Typen den sie treffenden Reizen gewachsen, also erhaltungsmässig, sein.

Aus demselben Grunde sind auch Männchen und Weibchen einer Organismenart gleich erhaltungsmässig, obwohl sie notwendigerweise eine und dieselbe Gegend bewohnen. Wegen der Verschiedenheit ihrer Organisation bieten sie den Reizen der Umgebung verschiedene Angriffspunkte dar; die Reizung, die sie thatsächlich erleiden, ist deshalb eine verschiedene. Oft führen sie auch eine sehr verschiedene Lebensweise; wir brauchen nur an die Gephyree Bonellia viridis zu erinnern, deren Männchen im Anfangsdarm des Weibchens schmarotzt und diesen nur zum Zwecke der Begattung verlässt. Und auch dort, wo die Lebensweise gleich zu sein scheint, dürfte sich bei genauerer Untersuchung in jedem Falle eine, wenn auch kleine, so doch wahrnehmbare, Verschiedenheit ergeben. Stellen wir uns aber auf rein physikalisch-chemischen Standpunkt und verstehen wir demgemäss unter Lebensweise Verschiedenheit der Reizung des Organismus, so sehen wir, dass die Lebensweise von Männchen und Weibchen einer Organismenart wegen der von der Verschiedenheit ihrer Organisation unzertrennlichen Verschiedenheit der Angriffspunkte, die sie den Einflüssen der Umgebung bieten, verschieden sein muss.

Verschieden muss auch die Reizung der gleichgeschlechtlichen Individuen einer Art sein, und zwar desto mehr, je verschiedener ihre Organisation ist. Und wie sowohl Männchen als auch Weibchen einer Organismenart in einer und derselben Umgebung erhaltungsmässig sind, so können es auch verschiedene Individuen desselben Geschlechts und derselben Art sein. Ja, eine Verschiedenartigkeit der Individuen ist

für ihre Erhaltungsmässigkeit Bedingung. Denn der Organismus muss seiner Reizung gewachsen sein und die Reizung, die ein Organismus während seines Daseins erleidet, ist, wenn auch vielfach nur in geringem Grade, so doch in jedem Falle absolut verschieden von der jedes andern Individuums seiner Art, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil kein Individuum in demselben Moment denselben Platz einnehmen kann, wie ein anderes, und weil die Geschehnisse eines und desselben Momentes in jedem Teil des Raumes andere sind als in jedem andern Teil des Raumes. Wären nun die Individuen einer Organismenart alle einander absolut gleich, so könnte besten Falles nur ein einziges auf diejenige Reihe von Reizen treffen, die für den betreffenden Typus die erhaltungsmässigste ist. Somit ermöglicht das, was zugleich der Grund der individuellen Verschiedenheit der Organismenformen ist, nämlich die Verschiedenartigkeit unter den zeitweilig oder dauernd von Organismen einer Art innegehabten Plätzen in Bezug auf äussere Beeinflussung, zugleich die Erhaltungsmässigkeit der Organismenformen, und zwar deshalb, weil der Mechanismus des Organismus ein solcher ist, dass dieser, sei es als Ganzes, sei es wenigstens in einzelnen oder vielen seiner Teile, sich an denjenigen Ort begeben kann, der seiner Erhaltung günstig ist. In den energotaktischen und energotropischen Erscheinungen der Organismen haben wir Einrichtungen kennen gelernt, die freibeweglichen Organismen, beziehungsweise wachsenden Organismenteilen, örtliche Lagen geben, an denen sie erfahrungsgemäss erhalten werden, und von den Individuen derjenigen Organismenart, die wir am besten beobachten können, nämlich von denen des Menschen, wissen wir, dass jedes seiner individuellen Eigenart gemäss diejenigen Örtlichkeiten aufsucht, an denen wir es längere oder kürzere Zeit verweilen und erhalten bleiben sehen.

Gleichwohl muss jede Gegend eine hochgradige Uniformität der Individuen einer sie bewohnenden Organismenart bewahren, einerlei, ob die betreffende Organismenart sich umbildet oder nicht. Denn wenn wir für eine Gegend von bestimmten geographischen Grenzen und bestimmter Bodenbeschaffenheit durch Vergleichung der meteorologischen Beobachtungsresultate einer genügend langen Reihe von Jahren für jeden Tag des Jahres das durchschnittliche Ergebnis der Beobachtungen feststellen und diese Durchschnitte mit den in derselben Gegend für eine andere, gleichfalls genügend lange Reihe von Jahren, gewonnenen vergleichen, so finden wir, dass sich das typische meteorologische Bild des ersten Zeitraumes fast ganz genau mit dem des zweiten deckt, dass jede Gegend also mit einem charakteristischen Durchschnitt von Reizen auf die sie bewohnenden Organismen einwirkt, weshalb diese, sofern sie einer selben Art angehören, also annähernd gleich sind und deshalb von demselben Reizkomplex getroffen werden, auch ihre annähernde Uni-

formität bewahren müssen. Damit steht in Einklang, dass jede bestimmt charakterisierte Gegend nur eine einzige Species von einer Gruppe nächstformverwandter und deshalb auch in Bezug auf ihre Lebensweise nächstähnlicher Organismenarten beherbergt. Der geologische Aufbau und die klimatischen Verhältnisse eines Landes üben auf die Flora und, zum Teil durch diese, auf seine Fauna einen bestimmenden Einfluss aus, so dass ein verschiedener Boden und verschiedenes Klima notwendigerweise auch eine Verschiedenheit in der Pflanzen- und Tierwelt erzeugen müssen. Um uns eines neuerdings auf die Organismen angewandten mathematischen Ausdruckes zu bedienen: Der Organismus ist eine Funktion des Landes, in welchem er lebt. Jede Änderung in den geologischen und klimatischen Verhältnissen muss sich in einer mehr oder weniger ausgeprägten Verschiedenheit der einzelnen Organismenformen ausdrücken. Es wird z. B. nicht zu erwarten sein, dass zwei Säugetierformen derselben Gattung, die miteinander näher verwandt sind, als mit irgend einer anderen Form, in demselben gleichartigen Gebiete nebeneinander leben, es sei denn, dass dieses den Übergang zwischen zwei zoogeographischen Regionen bilde; denn in einer und derselben Gegend wird durch gleiche äussere Einflüsse eine bestimmte Säugetierform entstanden sein, in dem benachbarten, geologisch, klimatisch und floristisch verschiedenen, aber nächst verwandten Gebiete wird die nächst verwandte Form sich entwickelt haben. Haben sich in einem Lande A zwei sehr nahestehende Formen gebildet, so liegt kein Grund vor, dass in dem benachbarten, zwar verwandten, aber etwas verschiedenen Gebiet B nicht jede Tierform einen etwas verschiedenen Verwandten aufweist, und dann wird jeder der beiden B bewohnenden Vertreter der zwei Arten von A mit seinem Gebietsgenossen weniger verwandt sein, als mit der durch ihn vertretenen Form im Nachbarlande A. In Südmashonaland südlich vom Zambese leben z. B. nebeneinander zwei Kuhantilopen, das Bastarthartebeest und das Konzi, Antilope lunata und A. lichtensteini; beide sind sehr nahe verwandt und werden von den meisten Säugetierkennern in derselben Untergattung Bubalis aufgeführt. Das Konzi wird in Deutsch-Ostafrika durch das Kongoni, A. leucoprymnus ersetzt, das ausserordentlich ähnlich ist, aber im Schädelbau, im Gehörn und in der Färbung einige Abweichungen zeigt, und hat nach Süden am Vaalfluss in dem Hartebeest, A. caama, einen gut unterschiedenen Vertreter. Das Bastarthartebeest ist südlich von der Flussscheide zwischen Vaal und Limpopo noch nicht gefunden worden; dort lebt bis Nordnatal herunter der Blässbock, A. albifrons, der in Gestalt und den allgemeinen Färbungscharakteren ihm ähnlich ist; im Deutschen Schutzgebiete dagegen finden wir eine Antilope, A. jimela, die als Ersatzform für das Bastarthartebeest aufzufassen ist. Wir sehen also, dass zwei nahe verwandte Formen

in drei nebeneinander liegenden Gebieten durch je eine Lokalform vertreten sind, dass ferner die in jedem Gebiete nebeneinander vorkommenden Formen miteinander weniger Verwandtschaft zeigen als mit der ersetzenden Form im Nachbargebiet. Man muss also A. lunata aus der Untergattung Bubalis in die Untergattung Damalis setzen, weil sie mit D. pygargus, albifrons, jimela, tiang und senegalensis je eine der zoogeographischen Unterregionen des afrikanischen Steppengebietes bewohnt, während sich Bubalis caama, lichtensteini, leucoprymnus, cokei, jacksoni, swaynei, tora, bubalis und major ebenso von Süden nach Norden in die einzelnen Faunengebiete teilen.

Die in Afrika lebenden Wildpferde gehören zu denjenigen Tiergruppen, für die eine Verschiedenheit der Lokalformen jetzt ebenfalls schon sicher nachgewiesen werden kann. Vom Kap bis Nubien hinauf lebt in jedem tiergeographischen Gebiete von einer grossen Flussscheide zu der anderen je nur eine einzige Form der Einhufer, und zwar stellen sich die Verbreitungsgebiete der einzelnen Formen von afrikanischen Wildpferden folgendermaassen dar: Das Bergzebra (Equus zebra) bewohnt das Kapland bis zum Randgebirge nördlich von der Karrooebene. Das Quagga (E. quagga) lebt zwischen dem Randgebirge und der Flussscheide nördlich vom Vaalfluss. Burchells Zebra (E. burchelli) findet sich im Limpopogebiete. Chapmanns Zebra (E. chapmanni) lebt zwischen der Flussscheide nördlich vom Limpopo und derjenigen nördlich von Zambese. Das Damarazebra (E. antiquorum) bewohnt Südwestafrika zwischen Orangefluss und der Cunene-Cuanza-Flussscheide. Böhms Zebra (E. böhmi) wird angetroffen zwischen der Flussscheide nördlich vom Zambese und 1° 30′ nördl. Breite, Grevys Zebra (E. grevyi) zwischen 1° 30′ nördl. Breite und 8°—10° nördl. Breite. Der Somalesel (E. somaliensis) bewohnt die Nordsomalküste und den Südostrand von Abessinien nördlich bis Massaua. Der Nubische Wildesel (E. africanus) lebt zwischen Massaua, dem Atbara und dem 18° nördl. Breite.

Jede Säugetiergruppe wird in jedem Gebiete, das durch besondere geologische Formation und besonderes Klima und dadurch bedingte Flora charakterisiert ist, nur durch eine einzige charakteristische Lokalform vertreten sein. Dabei ist es wegen der Verschiedenartigkeit des Grades der Reizbarkeit verschiedener Organismenformen, von denen die einen leichter durch die Einflüsse der Umgebung umzuwandeln sind, als die anderen, nicht ausgeschlossen, dass in nebeneinander liegenden, geologisch und klimatisch nahe verwandten, aber in gewissen Charakteren sich doch sehr unterscheidenden Gebieten auf die eine Tierform die unterscheidenden charakteristischen Reize stärker eingewirkt haben als auf die andere, so dass die eine Tierform in beiden Gebieten vollständig gleich aussieht, während die andere in Gestalt und Färbung auffallende Unterschiede zeigt. Es wird z. B. in beiden Gebieten ein

und derselbe Elefant leben können, während jedes davon eine besondere Kuhantilope aufweist. Es wird auch möglich sein, dass in einer und derselben Gattung die Formen der einen Gruppe in weniger, die der anderen in mehr Lokalformen zerfallen, dass einmal eine Form zwei oder drei nebeneinander liegende Gebiete bewohnt, während die andere in denselben Gegenden in zwei bis drei Lokalformen auftritt. So haben wir in Afrika von Süden nach Norden vier grüne Meerkatzen: Cercopithecus lalandei, rufoviridis, pygerythrus und griseoviridis; sechs Paviane: Papio ursinus, babuin, langheldi, ibeanus, toth und anubis; nur zwei Wasserböcke: Cobus ellipsiprymnus und defassa; drei Schirrantilopen: Tragelaphus sylvaticus, troualeyni und decula; nur eine Giraffe und einen Elefanten. In jeder Gegend kommt aber nur ein einziger Pavian vor, eine einzige Schirrantilope, eine einzige Gazelle, eine einzige Zwergantilope, ein einziger Schakal, eine einzige Wildkatze, ein einziger Serval, ein einziger Hase, ein einziges Erdeichhörnchen u. s. w. So wird man oft aus den Merkmalen einer Säugetierform leicht auf ihr Vaterland und umgekehrt aus dem Vaterlande auf die für es charakteristische Lokalform zu schliessen imstande sein.

Was für die Säugetiere gilt, findet, mutatis mutandis, auf jede andere Organismengruppe Anwendung. Wie jede Organismenform überhaupt, so ist auch jeder erhaltungsmässige Organismus eine Funktion von Bildungsmaterial und Reizung, und, da die ältesten Organismen durch Urzeugung entstanden, also das unmittelbare Produkt von Stoff- und Energiearten und -Quantitäten, die an dem Orte ihrer Bildung aufeinander einwirkten, gewesen sein müssen, jeder Organismentypus das direkte Produkt der Reihe von Gebieten, welche seine Vorfahren im Laufe der Stammesentwickelung bewohnt haben und des Gebietes, das er selbst bewohnt. Die Erhaltungsmässigkeit der Organismenformen hat ihren zureichenden Grund in dem physikalisch-chemischen Mechanismus der Natur.

Es wäre jedoch ein Irrtum, anzunehmen, dass veränderte typische Reizung typischen Bildungsmaterials eines vor der Veränderung der Reizung erhaltungsmässigen Organismentypus unter allen Umständen zu einer erhaltungsmässigen Umbildung des betreffenden Organismentypus führen müsste. Der Satz, dass Erhaltungsmässigkeit typischer Organisation das Produkt aus der Einwirkung typischer Reize auf typisches Bildungsmaterial ist, darf nicht umgekehrt werden. Er darf nicht lauten: Einwirkung typischer Reize auf typisches Bildungsmaterial erzeugt einen erhaltungsmässigen Organismentypus. Denn sie kann auch nicht erhaltungsmässige Typen erzeugen. Erhaltungsmässigkeit der Ausstattung kann zwar nur als Begleiterin erhaltungsmässiger Gefügefestigkeit entstehen, braucht aber erhaltungsmässiges Gefüge nicht notwendigerweise zu begleiten. Es ist denkbar, dass erhaltungsmässige

stammesgeschichtliche Umbildung der Gefügefestigkeit auch zur Bildung von Formentypen führt, die in Bezug auf ihre Ausstattung nicht erhaltungsmässig sind, dass z. B. die Fangzähne eines Raubtieres, wie es möglicherweise bei der ausgestorbenen Gattung der Säbeltiger (Machairodus) der Fall gewesen ist, im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwickelung zu gross werden und die Tiere an der Aufnahme ausreichender Quantitäten von Nahrung verhindern. Dadurch müsste notwendigerweise auch ein Gefüge, das bei genügender Nahrungszufuhr erhaltungsmässig sein würde, Schaden nehmen, und die betreffende Tierart müsste aussterben. Auf diese Weise sind vielleicht zahlreiche der bekannten ausgestorbenen Organismentypen und auch viele unbekannte zu Grunde gegangen. Ausserdem kann es auch vorkommen, dass Veränderung der typischen Reizung einer vorher erhaltungsmässigen Organismenart zu nicht erhaltungsmässigem Gefüge führt. Diese Art müsste dann infolge direkter Einflüsse der Umgebung aussterben, wie es gleichfalls wohl häufig genug vorgekommen sein mag. Somit erhalten wir das Gesamtergebnis: Entstehung, Umbildung, Erhaltung und Erlöschung eines Organismenstammes sind naturgesetzliche Funktionen der geologischen Entwickelung.

Die wichtigste von uns gewonnene Erkenntnis ist aber die, dass ein erhaltungsmässiger Organismentypus das notwendige Produkt der Einwirkung typischer Reize auf typisches Bildungsmaterial ist. Dieses Resultat ist deshalb von fundamentaler Bedeutung, weil alle zukünftigen Untersuchungen über die Stammesgeschichte der Organismen von ihm ausgehen müssen. Es macht jede Diskussion, jede Vertretung und Lehre einer Theorie der zufälligen Formbildung moralisch unmöglich. Wollte die Natur, wie sie es nach einer solchen Theorie müsste, eine Zuchtwahl nach Art der Tier- und Pflanzenzüchter ausüben, eine Auslese oder Selektion, z. B. einerseits nach der Festigkeit des Gefüges, anderseits und unabhängig davon nach erhaltungsmässigen Ausstattungseigenschaften, etwa nach der Farbe, so müsste sie mit sich selbst in Konflikt kommen. Denn ein Organismus, dessen Wohnort mit bestimmten Reizen auf das Bildungsmaterial, aus dem er entstanden ist, eingewirkt hat, muss eine bestimmte Gefügefestigkeit und damit eine bestimmte Farbe bekommen, weshalb mit der vom Wohnort geforderten Gefügefestigkeit auch die Farbe gezüchtet würde; und einer bestimmten Farbe muss eine bestimmte Gefügefestigkeit entsprechen, weshalb zugleich mit der Farbe auch die Gefügefestigkeit gezüchtet würde. Deshalb könnte z. B. Gefügefestigkeit, die gelbe Färbung bedingt, nicht gezüchtet werden, wo schwarze Farbe verlangt wird, und schwarze Färbung nicht, wo bestimmte Gefügefestigkeit, die aber gelbe Färbung bedingt, verlangt wird. Nur wo sowohl bestimmte Gefügefestigkeit als auch gerade die durch diese Gefügefestigkeit bedingte Färbung verlangt würde,

könnte eine Züchtung nicht nur jener Gefügefestigkeit, sondern auch dieser Färbung stattfinden, weshalb Züchtung des einen von beiden genügen würde, während die Natur nach einer Theorie der zufälligen Formbildung aus zufälligen Kombinationen der Einzelheiten die gewünschte wählen müsste. Zufällige Kombination der Einzelheiten ist aber, wie wir erkannt haben, unmöglich. Denn in jedem typischen Reizungskomplex, d. h. in jede typische Kombination einer Auswahl unter den Reizen, die von einem typisch charakterisierten Wohngebiet zur Verfügung gestellt werden, passt nur ein einziger Organismentypus hinein; nur die Gefügefestigkeit eines einzigen Organismentypus ist gegenüber einem typischen Reizungskomplex haltbar; und wenn die Ausstattung, die naturgesetzlich an die Gefügefestigkeit eines Organismus gebunden ist, nicht ebenso erhaltungsmässig ist wie diese, dann vermag keine Macht der Welt etwas daran zu ändern. Begreifen können wir aber die Thatsache, dass erhaltungsmässige Ausstattung naturgesetzlich an bestimmte Gefügefestigkeit gebunden ist, und dass erhaltungsmässiges Gefüge und erhaltungsmässige Ausstattung so oft Hand in Hand gegangen sind, gehen und gehen werden, wie es in bestimmter Umgebung erhaltungsmässige Organismentypen gegeben hat, giebt und geben wird, so wenig, wie z. B. die, warum der Qualitätenreihe der Spektralfarben — Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett — eine Zunahme der Lichtbrechungsindices entspricht, und warum die Atome des Weltstoffes so beschaffen sind, dass die uns bekannten Krystallformen auftreten können. Dort wie hier stehen wir vor den Grenzen des Naturerkennens, weshalb jede Bemühung, die sogenannte Zweckmässigkeit der Organismen wissenschaftlich zu begreifen, scheitern muss, eine Erkenntnis, die unserer Wissenschaft seit nahezu vierzig Jahren notgethan hätte, aber erst durch das Resultat unserer obigen Ausführungen eine so achtunggebietende Autorität erhält, wie sie etwa dem Beweis für den Lehrsatz des Pythagoras gleichkommt. Jede Auflehnung gegen diese Erkenntnis würde sich deshalb selbst als unzulänglichem geistigen Besitztum entsprungen charakterisieren und müsste sich früher oder später rächen.

Wenn wir zu einem richtigen Verständnis der Organismenform kommen wollen, so dürfen wir diese nicht anders beurteilen, als die Krystallform. Eine bestimmte Krystallform entsteht auch nur da, wo ein bestimmter Stoff geschmolzen oder in Lösung ist, wo die Bedingungen, unter denen er sich befindet, Krystallisation ermöglichen, und wo die nötigen Anstösse zur Krystallbildung vorhanden sind. Von Zufall kann hier keine Rede sein. Auf Zufall beruht es allerdings, soweit wenigstens unsere menschliche Einsicht reicht, wenn der eine Stoff die zur Krystallbildung nötigen Bedingungen vorfindet, der andere nicht, oder wenn das in der Atmosphäre enthaltene Wasser bald die Bedingung zur Bildung von Schneesternen trifft und bald nicht. Aber nicht auf Zufall beruht es,

wenn aus einer bestimmten Lösung unter bestimmten Bedingungen und auf bestimmte Anstösse hin ein Krystall von bestimmter Form entsteht.

Der Krystall lässt sich auch insofern mit dem Organismus vergleichen, und umgekehrt, als beide deformiert werden können, was dann geschieht, wenn sie nicht die erforderlichen Bedingungen zu ihrer vollkommenen Ausbildung erfüllt finden. Und der Organismus bildet nur dann seine Teile, der Krystall nur dann seine Ecken, Flächen und Kanten in einer dem Ideal möglichst nahe kommenden Weise aus, falls die für vollkommene Ausgestaltung nötigen Bedingungen erfüllt sind. Ferner lässt sich der Krystall auch insofern mit dem Organismus vergleichen, als er lediglich dort entsteht, wo er erhaltungsmässig ist. Und wenn die Bedingungen seiner Existenz oft nur für kurze Zeit erfüllt sind, wie es z. B. bei den Schneesternen der Fall ist, so ist es bei den Organismen nicht anders. Pflanzensamen keimt, wo die Bedingungen dazu erfüllt sind. Die Erfüllung der Bedingungen fällt also sowohl beim Krystall als auch beim Organismus zusammen mit der der Bedingungen für zeitweilige Existenz, denn Bildung einer Form ist gleichbedeutend mit deren zeitweiliger Existenz. Dort, wo sich ein Krystall oder ein Organismus bildet, entsteht ein Zustand des Gleichgewichts, der so lange andauert, als er die dazu nötigen Bedingungen erfüllt findet.

Ein weiterer Vergleich zwischen Organismus und Krystall bringt uns mit einer wichtigen Frage in Berührung, die uns gelegentlich unserer bisherigen Untersuchungen noch nicht aufgestossen ist, mit der Frage, welche Rolle die geschlechtliche Fortpflanzung, die Befruchtung, im stammesgeschichtlichen Entwickelungsmechanismus spielt.

Der Krystall ist höchst selten einigermaassen, niemals ganz vollkommen ausgebildet. Ist der Organismus es öfter? Wenn wir bedenken, wie gering die Anzahl der überhaupt zur Entwickelung und Fortpflanzung gelangenden unter den alljährlich erzeugten Individuen der Tier- und Pflanzenarten ist, so werden wir wenig geneigt sein, dort gleich eine absolut vollkommene Ausbildung eines Organismus anzunehmen, wo einmal einer unter den vielen erzeugten einer Art zur Entwickelung und Fortpflanzung gelangt. In der That sind die Bedingungen zu absolut vollkommener Ausgestaltung eines Organismus wohl nirgends und niemals erfüllt. Wenn sie das aber nicht sind, wenn demnach jeder Organismus seinem Ideal gegenüber geschädigt erscheint, und wenn sich erworbene Eigenschaften vererben, und zwar nicht bloss stammerhaltende, sondern auch stammbedrohende, müssen sich dann die kleinen Mängel nicht im Laufe der Generationen häufen und schliesslich Degeneration und Untergang herbeiführen? Das müsste zweifellos geschehen, wenn die Natur nicht Mittel und Wege hätte, der Degeneration erfolgreich entgegenzuarbeiten. Unter diesen kennen

wir neben der Versetzung des Organismus in eine Umgebung, die schädigende Einflüsse einer anderen Umgebung, die ihn oder seine Eltern getroffen haben, kompensiert, hauptsächlich eines, die geschlechtliche Fortpflanzung.

Wir gelangten zu dem Ergebnis, dass jede Lockerung des Körpergefüges eine Folge schädlicher Einflüsse ist, die das betreffende Individuum auf irgend einem Stadium seiner Entwickelung erlitten hat· Von solcher Schädigung können auch indirekt die von diesem Individuum erzeugten Keimzellen betroffen werden, und es ist weiterhin die Annahme gestattet, dass jedes Individuum jeder Tier- und Pflanzenart besonderen Einflüssen unterworfen ist, die eine geringe Abweichung von der idealen Norm, wie wir sie thatsächlich an jedem Individuum beobachten, herbeiführen. Wir sind ja zu der Überzeugung gelangt, dass die individuelle Entwickelung jedes Individuums zum grossen Teil von den äusseren Einflüssen abhängig ist, die den Organismus im Laufe seiner Entwickelung treffen, und da diese bei jedem Individuum etwas andere sind als bei allen übrigen, so muss jedes Individuum notwendigerweise geringe Abweichungen von der Norm zeigen, und von vielen dürfen wir annehmen, dass sie pathologisch sind. Wenn nun das eine Individuum diese, das andere jene Schädigungen zeigt, und wenn die Keimzellen, die sich in einem Organismus entwickeln, nicht unberührt von Einflüssen, die diesen Organismus getroffen haben, bleiben, also gleichfalls geschädigt werden, so muss es bei geschlechtlicher Fortpflanzung zur Mischung von in verschiedener Weise geschädigtem Bildungsmateriale kommen. Gleichwohl werden in den meisten Fällen Individuen erzeugt, die der Norm ebenso nahe stehen, wie ihre Eltern. Und das wird die Folge der Mischung sein: Dadurch, dass sich zwei Keim zellen miteinander zu einer Stammzelle, aus der sich ein neuer Organismus entwickelt, vereinigen, werden die Schädigungen, die jede von ihnen erlitten hat, wieder kompensiert, weil die Schädigungen bei beiden verschieden sind. Es könnte zwar auch, nämlich dann, wenn beide Keimzellen nahezu eine und dieselbe Schädigung erlitten haben, eine Steigerung dieser Schädigung bei den Nachkommen eintreten. Indessen gelangen meistens Keimzellen miteinander zur Verschmelzung, die aus verschiedenen und nicht nahe miteinander verwandten Individuen stammen.

Die Thatsachen sprechen entschieden zu Gunsten der vorgetragenen Auffassung. Wenn man z. B. Haustiere oder Kulturpflanzen verschiedener Rassen einer Art miteinander paart, so erhält man in der Regel besonders kräftige Individuen. Nun kann man annehmen, dass alle Haustierrassen einige mehr oder weniger ausgesprochene pathologische Züge an sich tragen. Durch die Vereinigung von zwei Keimzellen verschiedener Rassen wird aber der Körper des aus dieser Vereinigung

hervorgehenden Individuums gekräftigt. Er ist weniger pathologisch, als die Körper seiner Eltern, woraus man schliessen muss, dass die Formenmischung in diesem Falle eine Rekonstitution, eine Festigung des Körpergefüges zur Folge hat. Man kann leicht ein Experiment anstellen, das eine solche herbeiführt. Wenn man nämlich weisse Mäuse, die, verglichen mit den wilden grauen Mäusen, sicher eine erschütterte Konstitution haben, da sie, wie die Erfahrung lehrt, viel hinfälliger sind als diese, z. B. auch leichter von Infektionskrankheiten befallen werden und diesen leichter erliegen, als die wilden Hausmäuse, mit schwarz und weiss gescheckten japanischen Tanzmäusen kreuzt, die gleichfalls stark pathologische Züge aufweisen, was schon aus ihrem unsicheren Umherlaufen und ihrem Herumwirbeln im Kreise hervorgeht, so erhält man, wie wir gesehen haben, einfarbig schwarze oder einfarbig graue Mäuse, die höchstens einen ganz kleinen weissen Fleck haben und sich, wenn sie grau sind, meistens nicht von wilden Hausmäusen unterscheiden lassen. Diese Mäuse erweisen sich sowohl den weissen als auch den gescheckten Tanzmäusen gegenüber als besonders lebenskräftig, besitzen namentlich auch das lebhafte Temperament der wilden Hausmaus, sind ebenso scheu und furchtsam wie diese und werden viel weniger leicht von Krankheiten befallen und hinweggerafft als die weissen Mäuse und die gescheckten Tanzmäuse, die beide sehr hinfällig sind.

Dass Kreuzung die Gefügefestigkeit erhöht, geht auch aus den Ergebnissen der Incestzucht, d. h. der Zucht in enger Blutsverwandtschaft, hervor. Organismen, die nahe miteinander verwandt sind, z. B. Geschwister, werden die Körperkonstitution ihrer Eltern erben, insbesondere, wenn sie unter denselben Lebensbeeinflussungen gehalten werden, wie diese. Paart man sie miteinander, so bringt man Keimmaterialien zusammen, die annähernd eine und dieselbe Schädigung erlitten haben und demnach durch ihre Vereinigung keine Kompensation zustande bringen können, weshalb die aus Incestzucht hervorgegangenen Organismen gewöhnlich hinfälliger sind, als Nachkommen nicht blutsverwandter Eltern. Das zeigt sich namentlich bei fortgesetzter Incestzucht, über deren schädliche Folgen sich die Forscher wohl im allgemeinen einig sind. Aus der Thatsache der Schädlichkeit der Incestzucht erwächst der Anschauung, wonach die Formenmischung, die, wie es gewöhnlich der Fall ist, Keimmaterialien von nicht blutsverwandten Eltern miteinander zur Vereinigung bringt, die Konstitutionsfestigkeit erhöht, eine starke Stütze, und eben dieselbe starke Stütze erhält dadurch auch die Anschauung, dass jedes Individuum geringfügige Schädigungen erleidet, und dass wir diese auf schädliche Einflüsse der Umgebung, die hier so und dort anders beschaffen sind, zurückzuführen haben.

Der hier vorgetragenen Anschauung steht allerdings eine andere gegenüber, die gegenwärtig wahrscheinlich, möglicherweise bedeutend, mehr Anhänger zählt, als die, zu der wir gelangt sind. Nach ihr beseitigt die Formenmischung nicht sowohl Abweichungen von der Norm, sondern führt sie im Gegenteil herbei. Es fragt sich nur, ob die Thatsachen, die man zur Stütze dieser Anschauung heranziehen kann, wirklich geeignet sind, sie sicher zu begründen. Zu ihren Gunsten könnte man etliche Thatsachen, die man bei Vererbungsexperimenten gefunden hat, anführen wollen. Man könnte z. B. versuchen, das, was wir oben über Zuchtversuche mit Mäusen mitgeteilt haben, für sie auszubeuten. Wir fanden, dass bei der Kreuzung von gewöhnlichen weissen Mäusen mit schwarz und weiss gefleckten japanischen Tanzmäusen zunächst zwar einfarbige oder nahezu einfarbige schwarze oder graue Junge erzielt werden, dass diese aber, unter sich gepaart, eine sehr mannigfaltige Nachkommenschaft liefern. Indessen erhält man ganz andere Resultate, wenn man mehr als zwei Rassen zu den Zuchtversuchen verwendet. Verwendet man dazu etwa deren vier, indem man z. B. schwarz und weiss gescheckte japanische Tanzmäuse mit weissen Mäusen paart und braune Mäuse mit blauen und die aus der ersten Kreuzung hervorgegangenen Jungen mit den aus der zweiten, so erhält man eine sehr gleichförmige Nachkommenschaft. Übrigens haben, wie wir bereits gesehen haben, Untersuchungen ergeben, dass sich durch die mannigfaltigsten Zuchtexperimente mit Ziermäusen nicht mehr als eine ganz bestimmte Anzahl verschiedener Formen erzeugen lässt, so viel man die Tiere auch durcheinander kreuzen mag. Die Anzahl der Mischformen wird dadurch nicht erhöht, und je mehr verschiedenartige Vorfahren ein Wurf von Mäusen hat, desto bestimmter kann man darauf rechnen, dass die Individuen dieses Wurfs untereinander gleich und entweder einfarbig grau oder einfarbig schwarz sind. Bei anderen Tierarten und bei Pflanzen ist es nicht anders. Je mehr verschiedenartige Vorfahren zur Entstehung einer Form beigetragen haben, mit desto grösserer Sicherheit darf man erwarten, dass diese Form ihre Eigentümlichkeiten fortpflanzt, vorausgesetzt, dass sie mit einer gleichen Form gepaart wird. Nun liegen aber die Dinge bei den wild lebenden Organismen so, dass die Individuen einer Art sämtlich voneinander verschieden sind. Ein Fall, dass die von einem Elternpaar erzeugten Nachkommen väterlicher- und mütterlicherseits dieselben zwei Vorfahrenformen hätten, ein Fall also, der dem Versuche, bei welchen man weisse Mäuse mit schwarz und weissen Tanzmäusen und deren Jungen untereinander paart, entsprechen würde, kann bei wild lebenden Organismen nur äusserst selten eintreten. Was bei diesen vorkommt, entspricht vielmehr einem Versuche, in welchem man Individuen von Mäusen untereinander paart, die sehr zahlreiche verschiedene Vorfahrenformen haben;

und in einem solchen Falle würden sich die Nachkommen des betreffenden Paares in den allermeisten Fällen nur durch ähnliche geringfügige Merkmale unterscheiden, wie es bei wilden Tieren und Pflanzen überhaupt die Regel ist. Eine kritische Sichtung des Materials, das durch Züchtungs- und Kreuzungsversuche erzielt worden ist, zeigt dem Unbefangenen, dass die Formenmischung, alles in allem genommen, annähernde Gleichförmigkeit zur Folge hat.

Bei einer solchen Prüfung ist ein gewisser Umstand wohl im Auge zu behalten, nämlich der, dass sich die allermeisten Beobachtungen, die man über Kreuzung und Vererbung gemacht hat, auf Haustiere und auf Garten- oder Feldpflanzen, also auf Kulturorganismen, beziehen, deren Vorfahren entweder schon seit langer Zeit unter dem Einfluss der menschlichen Kultur stehen oder doch, wenn letzteres nicht der Fall ist, aus ihrer ursprünglichen Umgebung heraus in neue und ungewohnte Verhältnisse versetzt worden sind. Wenn man diesen Umstand wohl beachtet, so kann man nicht umhin, sich die Frage vorzulegen, ob es nicht vielmehr die Versetzung in neue Verhältnisse und die seit vielen Generationen zur Einwirkung gelangten Einflüsse des Kulturlebens sind, die bei Haustieren und Kulturpflanzen eine höhere Variabilität, als sie den wilden Vorfahren der betreffenden Organismen eigen ist, hervorgerufen hat. Und diese Frage wird man zu bejahen geneigt sein, wenn man sieht, dass Zucht in enger Blutsverwandtschaft, Incestzucht, die zugleich Reinzucht ist, d. h. bei welcher nur mit Individuen einer bestimmten Rasse operiert wird, die Variabilität erhöht, anstatt sie zu vermindern, während es nach der Annahme, dass Paarung verschiedener Individuen solches bewirke, doch eigentlich umgekehrt sein müsste. Aber gerade diese vermindert und Incestzucht erhöht die Variabilität. Und bei den wild lebenden Organismen handelt es sich in den allermeisten Fällen um Paarung verschiedener Individuen, nicht aber um Incestzucht.

Wenn wir finden, dass gerade die Kulturorganismen stark variieren, so haben wir uns zu fragen, ob dies nicht zum Teil von der Zucht in zu naher Verwandtschaft komme; und nach allem, was wir darüber wissen, haben wir diese Frage zu bejahen. Daneben spielt freilich auch noch anderes eine Rolle, nämlich die eigenartigen Umstände der Kultur, die das Erhaltenbleiben von schwachkonstituierten Individuen, die durch äussere Einflüsse leichter verändert werden als solche von fester Körperkonstitution, begünstigt. Der Mensch hegt und pflegt seine Haustiere, seine Gartenpflanzen und Feldfrüchte; er schützt sie vor Nahrungsmangel, indem er die Tiere regelmässig füttert und die Pflanzen auf wohlgedüngtem Boden zieht; er bewahrt sie vor den Einflüssen zu grosser Kälte und zu hochgradiger Hitze, zu erheblicher Feuchtigkeit und zu starker Trockenheit dadurch, dass er die Tiere je nach den

Umständen im Stalle behält oder ins Freie schickt und die Pflanzen bedeckt, beschattet, begiesst und alles dasjenige mit ihnen vornimmt, was Gärtnerei und Landwirtschaft als zweckdienlich erkannt haben. Unter diesen Umständen müssen viele Individuen am Leben bleiben, die ihrer schwachen Konstitution wegen unter den strengen Bedingungen, welche die sich selbst überlassene Natur den Tieren und Pflanzen auferlegt, zu Grunde gegangen sein würden. Schwache Konstitution giebt aber äusseren Einflüssen leicht nach, und diese wirken formumbildend auf die betreffenden Gebilde oder ihre Nachkommenschaft ein. Wir haben ja gesehen, dass die Nachkommen von Geisteskranken einen bedeutenden Polymorphismus der Krankheitsbilder zeigen, und Geisteskranke sind, in der Regel wenigstens, Individuen mit geschädigter Körperkonstitution. Nach alledem sprechen die Ergebnisse von Zucht- und Kreuzungsversuchen gegen die Ansicht, dass die Formenmischung die Variabilität erhöhe, und für die Anschauung, dass sie diese vielmehr herabsetze, wobei sie meistens die Gefügefestigkeit erhöhen wird.

Formenmischung erhöht die Gefügefestigkeit jedoch nicht immer. Denn die Bastarte, d. h. die Mischlinge verschiedener Arten (nicht die verschiedener Rassen einer Art), sind meistens unfruchtbar, was wohl nur auf einer Schädigung der Konstitution beruhen kann. Sehen wir doch, dass auch durch Incestzucht und andere Einflüsse degenerierte Individuen oft zeugungsunfähig sind. Dass Formenmischung nicht immer zur Uniformierung der Individuen einer Art führt, ist gleichfalls zuzugeben. Aber die Umstände liegen derart, dass sie in der Regel hochgradige Gleichförmigkeit, verbunden mit Konstitutionsfestigung, im Gefolge hat, dass sie also ein wichtiger Hebel im Mechanismus der Stammerhaltung der Organismen ist, dessen übrige Teile die häufiger, als bei zufälliger Formbildung möglich, stattfindende erhaltungsmässige Reaktion des Organismus auf die Reize seiner Umgebung und die Vererbung erworbener Eigenschaften ist, zwei Triebräder dieses Mechanismus, die es diesem gestatten, den stammesgeschichtlichen Entwickelungsprocess auch unter veränderten Beeinflussungen fortzusetzen.

Der erste, der eine bis ins einzelne durchgeführte Theorie der Stammesgeschichte entwickelte und veröffentlichte, war der französische Naturforscher Jean Lamarck. Im Jahre 1809 gab er seine „Philosophie zoologique“ heraus, in der er lehrte, dass die Tierarten keine Produkte selbständiger und gesonderter Schöpfungsakte seien, sondern dass sie sich allmählich aus anders gearteten Vorfahren entwickelt hätten. Lamarck liess die stammesgeschichtlichen Umbildungen der Tiere im Wesentlichen durch deren eigene Thätigkeit, durch die Übung ihrer Organe, zustande kommen. Nach seiner Ansicht würde etwa der lange Hals der Giraffe dadurch entstanden sein, dass das Tier sich bemühte, Baumzweige zu fressen, wobei es genötigt war, den Hals möglichst weit nach oben auszustrecken. Die Flügel der Vögel wären entsprechend dieser Auffassung durch ein beständiges Flugbestreben seitens der Vorfahren der Vögel in das Dasein gerufen, der langgestreckte Leib der Schlange durch die Kriechbewegung. Was durch das Bestreben, die Organe zu

einem bestimmten Zweck zu gebrauchen, an diesen verändert wurde, erschien bei den Nachkommen wieder in dieser neuerworbenen Gestalt. Die Nachkommen konnten ihre Organe durch fortgesetzte Übung in bestimmter Richtung aus- und umbilden, und so konnte deren Anpassung vervollkommnet werden.

Etwas mehr Beachtung als Lamarck fand sein Zeitgenosse und Landsmann Étienne Geoffroy St. Hilaire. Er huldigte der Abstammungslehre, liess aber die stammesgeschichtlichen Umbildungen der Organismen nicht sowohl durch den Gebrauch und Nichtgebrauch der Organe, wie Lamarck es gethan hatte, zustande kommen, sondern durch die direkten physikalischen und chemischen Einflüsse der Aussenwelt, des „monde ambiant". Geoffroys Lehre vertritt neuerdings Henslow („The Origin of Plant Structures", London 1895), dem wir die im Haupttexte dieses Abschnittes mitgeteilten Beispiele über erbliche Umbildung von Pflanzen verdanken. Auch Standfuss, dessen früher citiertem Werke über Schmetterlinge die oben mitgeteilten Angaben über diese Tiere entnommen sind, ist bis zu einem gewissen Grade ein Anhänger Geoffroy St. Hilaires.

Weder Lamarck noch Geoffroy St. Hilaire gelang es, der Abstammungslehre zum Siege zu verhelfen; dies glückte erst Darwin durch sein 1859 erschienenes Werk: „Über die Entstehung der Arten". Ob Darwins Specialerfindung, die gleichzeitig auch von A. R. Wallace publicierte Lehre von der natürlichen Zuchtwahl oder Naturzüchtung, die sogenannte Selektionstheorie, die allein den Namen Darwinismus führen sollte, eine Theorie der zufälligen Formbildung ist oder nicht, darüber sind sich Darwins Anhänger nicht einig. Diese Zuchtwahltheorie lehrt das Überleben der durch ihre Organisation begünstigtsten Individuen (nicht, wie es auf dem Titel von Darwins Buch merkwürdigerweise heisst, der begünstigsten „Rassen") im Kampfe ums Dasein. Ist sie keine Zufallslehre, dann hat sie diejenige Leistung nicht vollbracht, die man ihr gewöhnlich zuschreibt: „Die Erklärung der Entstehung zweckmässiger Organisation durch nicht zweckthätige Ursachen" — so etwa lautet die Formel der Darwinisten. Sie lehrt dann weiter nichts als die Trivialität, dass sterben muss, was nicht leben bleiben kann, eine Wahrheit, die man auch wohl schon vor Darwin erkannt hatte, wenn man auch gerade keine Bücher darüber schrieb. Ist der Darwinismus aber eine Zufallslehre, dann ist er widerlegt. Es muss den Darwinisten überlassen bleiben, endgültig festzustellen, welches von beiden — ein drittes giebt es nicht — zutrifft, falls sie meinen, dass eine solche Feststellung Wert hat.

Der Hauptvertreter des Darwinismus ist gegenwärtig August Weismann. Was wir früher über seine Theorieen mitgeteilt haben, ist hier teilweise zu wiederholen und zu ergänzen: Nach Weismann („Über die Dauer des Lebens", 1881) besteht eine Arbeitsteilung zwischen dem ewig lebenden Germinalteil und dem Personalteil eines mehrzelligen Organismus. Der erstere sorgt für den Fortbestand des Stammes, der andere dafür, dass die Individuen so lange leben, wie erforderlich ist, um sie zur Fortpflanzung gelangen zu lassen. Der Personalteil steht also lediglich im Dienste des Germinalteils, sofern der Fortbestand des Stammes in Betracht kommt, und diese Arbeitsteilung soll durch „natürliche Zuchtwahl" herbeigeführt sein. Es soll nämlich nicht zweckmässig sein, dass auch der Personalteil sich eines ewigen Lebens erfreue; sondern für den Fortbestand des Stammes erachtet Weismann eine beschränkte Lebensdauer der einzelnen Individuen einer Organismenart für vorteilhaft. Andernfalls würden sie sich sehr bald, da sie sich unausgesetzt vermehren, die Erfüllung der Existenzbedingungen streitig machen. Die einzelnen Organismenarten würden, da ihre Mitglieder nicht in dem Sinne unsterblich sein könnten, wie es etwa der Stoff und die Kraft sind, schliesslich wegen Mangels an allen notwendigen Existenzmitteln zu Grunde gehen. Die Unsterblichkeit des Germi-

nalteils und die Sterblichkeit des Personalteils ist also nach Weismann ein Produkt der „Naturzüchtung“. Auf diese Lehre von Tod und Unsterblichkeit lassen sich, wie wir sehen werden, die Schöpfungstheorieen, die Weismann bis jetzt aufgestellt hat, zurückführen.

Die Unterscheidung eines unsterblichen Germinal- und eines zum Untergang bestimmten Personalteils musste Weismann auf die Idee bringen, dass die Vererbung somatogener Eigenschaften unmöglich sei, eine Annahme, die nur als eine Konsequenz der scharfen Trennung der Körpermasse in jene beiden Teile betrachtet werden kann. Wenn Personalteil und Germinalteil getrennte Wege wandern, so kann nicht wohl eine Übertragung der von dem ersteren durch die Thätigkeit seiner Organe oder in Anpassung an neue Lebensbedingungen neu erworbenen Eigenschaften auf den letzteren stattfinden. In seinem Vortrage „Über die Vererbung“ leugnet Weismann denn auch die Möglichkeit einer Vererbung somatogener Eigenschaften. Er sagt, dass nur solche neue Eigenschaften vererbt werden könnten, die hre Entstehung einer Veränderung des ewiglebendigen Germinalteils verdankten, da ja dieser von einem Individuum direkt auf dessen Nachkommen übergehe. Auf diese Weise war die Vererbung für Weismann verständlich geworden, aber nur die Vererbung solcher Eigenschaften, die entweder schon im Germinalteil begründet, oder von diesem, nicht aber vom Personalteil, neu erworben waren. Diese Annahme musste um so bestechender sein, als dadurch das Vererbungsproblem wesentlich erleichtert zu werden schien. Da Weismanns Auffassung von der Kontinuität des Keimplasmas es nicht zuliess, eine Vererbung somatogener Eigenschaften anzunehmen, so musste er die Auslösung der stammesgeschichtlichen Veränderung der Organismen in anderen Reizen suchen. Diese glaubte er in der geschlechtlichen Fortpflanzung gefunden zu haben. In seinem Vortrage über „Die Bedeutung der sexuellen Fortpflanzung für die Selektionstheorie“, der im Jahre 1886 erschien, suchte Weismann den Nachweis zu führen, dass durch die geschlechtliche Fortpflanzung, also durch die Verbindung von Ei- und Samenzellen, die Keimsubstanz oder das Keimplasma fortwährend neu gemischt und dadurch verändert würde, so dass die „natürliche Zuchtwahl“ zwischen den auf diese Weise erzeugten verschieden gearteten Individuen die passendsten auswählen konnte. Woher aber sollte die Verschiedenheit der Individuen kommen, die Weismann doch, um diese Theorie aufzustellen, notwendigerweise annehmen musste? Er will in dem citierten Vortrage zwar nicht völlig in Abrede stellen, dass äussere Einflüsse direkt auf die Keime wirken und sie verändern könnten, glaubt aber, dass dadurch keine erblichen individuellen Charaktere zustande kommen, wenigstens nicht, sofern die vielzelligen Tiere und Pflanzen in Betracht kämen. Dagegen nimmt Weismann in diesem Vortrage an, dass die einzelligen Organismen durch äussere Einflüsse erblich verändert werden könnten. Und da einzellige Tiere und Pflanzen sich einfach durch Teilung fortpflanzen, da sie direkt in ihre Nachkommen zerfallen, so müssen die Eigenschaften, die sie neu erworben haben, nach Weismann auch direkt auf die Nachkommen übertragen werden, denn bei solchen Organismen sollte, wie Weismann schon früher angenommen hatte, noch keine Trennung zwischen Germinal- und Personalteil, zwischen Keimplasma und Körperplasma, eingetreten sein. Das Plasma der einzelligen Organismen entspricht nach Weismanns damaliger Ansicht dem unsterblichen Keimplasma der mehrzelligen; es ist gleich diesem von ewiger Dauer, und alle Veränderungen, die sich an ihm infolge äusserer Einflüsse vollziehen, müssen auf die Nachkommen übertragen werden. Diese Veränderungen müssen aber nach Weismann bei verschiedenen Individuen verschieden sein, weil jedes Individuum seine besonderen Lebensschicksale hat.

In seiner 1887 erschienenen Schrift „Über die Zahl der Richtungskörper und

über ihre Bedeutung für die Vererbung" knüpfte Weismann an seine früher ausgesprochenen Anschauungen über das Zustandekommen der Variabilität wieder an und führte aus, dass die Anzahl der verschiedenen Keimplasmenarten, die durch die geschlechtliche Fortpflanzung in einer einzigen Keimzelle zusammengebracht würden, nach und nach so gross werden müsste, dass die Keimzellen schliesslich keinen Raum für alle mehr haben würden. Um alle Arten von „Ahnenplasmen", wie Weismann nunmehr die individuell verschiedenen von den einzelligen Vorfahren der vielzelligen Organismen herstammenden Plasmen nannte, aufzunehmen, ohne dass dadurch die einzelnen Plasmen auf eine zu geringe Quantität herabgedrückt würden, musste bald auch die grösste Keimzelle zu klein werden, falls keine Einrichtung getroffen wurde, die geeignet war, die Anzahl der Ahnenplasmen in gewisse Schranken zu halten. Wir haben gesehen, dass dies durch die sogenannte Reduktionsteilung geschehen soll. Dadurch, dass die Reduktionsteilung der Keimzellen und ihre nachträgliche Befruchtung fortwährend eine neue Mischung von Ahnenplasmen oder Iden herbeiführt, soll die Variation unterhalten und für das Einsetzen einer „Naturauslese" genügendes Material geschaffen werden. Während Weismann in dem ersten Teile seines Werkes über „Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung", das Ende 1892 erschien, noch gelegentlich sagt, dass die Ide oder die Mikrosomen in den Kernstäben, durch welche die Ide nach Weismann dargestellt werden, in einer Organismenart alle untereinander gleich sein würden, falls geschlechtliche Fortpflanzung nicht existierte, was doch eine Unveränderlichkeit der Ide bedeutet, sagt er im zweiten Teil des Werkes, dass die „Veränderlichkeit" der Ide von den Urwesen herstamme. Wenn, Weismanns früherer Ansicht gemäss, die Ungleichheit der Ide von den einzelligen Vorfahren der mehrzelligen Organismen herstammt, wenn eine konsequente Festhaltung dieses Gedankens notwendigerweise zu der Annahme führen muss, dass die Ahnenplasmen bei den mehrzelligen Tieren und Pflanzen nicht mehr veränderlich sind, sondern dass die Veränderlichkeit dieser Organismen nur durch Mischung, „Amphimixis", ermöglicht wird, dann stammt zwar die Ungleichheit der Ide von den Urwesen her, nicht aber ihre Veränderlichkeit. Wenn aber die Ide oder Ahnenplasmen bei den mehrzelligen Organismen sich nicht mehr verändern können, so muss man die Charaktere der vielzelligen Tiere und Pflanzen auf diejenigen ihrer einzelligen Vorfahren zurückführen. Eigenschaften, wie Auge und Ohr des Menschen, wären dann lediglich auf die Kombination von Charakteren bei den einzelligen Vorfahren des Menschen zurückzuführen. Diese notwendige Konsequenz der ursprünglichen Weismannschen Ansichten wurde von anderen Naturforschern gezogen, um damit die Unhaltbarkeit der Weismannschen Theorieen darzuthun, und das mag Weismann veranlasst haben, seine Ansichten stark zu modificieren, insofern als er neuerdings in seinem Keimplasmawerk die individuellen Unterschiede der Tiere und Pflanzen auf Veränderungen zurückführt, von welchen die einzelnen Ide fortgesetzt betroffen werden. Er lässt nunmehr jedes Id für sich variieren, obwohl er früher die Ansicht ausgesprochen hatte, dass eine Veränderung des Keimplasmas durch direkt von aussen kommende auf das Keimplasma wirkende Faktoren zwar nicht unmöglich sei, dass aber seiner Ansicht nach individuelle erbliche Veränderungen dadurch nicht zustande kämen. In einem gleichzeitig mit dem „Keimplasma" erschienenen Wiederabdruck seines Vortrags über „Die Bedeutung der sexuellen Fortpflanzung für die Selektionstheorie", in welchem ja die Ahnenplasmentheorie zuerst aufgestellt wurde, sagte Weismann in einer neu hinzugefügten Anmerkung, dass man jetzt nicht mehr die individuelle Verschiedenheit der höheren Tiere und Pflanzen auf deren einzellige Urvorfahren zurückführen werde, sondern dass man sie in den hier so und dort anders auf das Keimplasma einwirkenden äusseren Einflüssen zu suchen hätte. Indessen hat Weismann seine Theorie der Mischung oder Amphimixis auch in dem Werke über das Keimplasma

beibehalten und weiter ausgeführt. Nach Weismann besteht das Keimplasma in den allermeisten Fällen nicht aus einem einzigen Ahnenplasma oder Id, sondern aus einer grossen Anzahl von solchen Iden. Jedes Id und in jedem Id jede Determinante kann für sich variieren, und dadurch soll die Möglichkeit zur Erzeugung einer genügenden Anzahl von Individuen, die den an sie herantretenden Forderungen entsprechen, gegeben sein. Wenn demnach jede Zelle des Organismus durch Determinanten, die aus einer grossen Anzahl von verschiedenen Iden stammen, bestimmt wird, so wäre, denkt Weismann sich, immer genügendes Material für die „natürliche Zuchtwahl" vorhanden, sei es, dass eine Veränderung der Charaktere der Art, sei es, dass ein Sichgleichbleiben der die Art auszeichnenden Eigenschaften erwünscht sei. Nachdem Weismann den Darwinismus durch die in den folgenden Jahren erschienenen Schriften „Die Allmacht der Naturzüchtung" (Jena 1893) und „Äussere Einflüsse als Entwickelungsreize" (Jena 1894) Angriffen gegenüber verteidigt hatte, erklärte er in den weiter folgenden Broschüren „Neue Gedanken zur Vererbungsfrage" (Jena 1895) und „Über Germinal-Selektion eine Quelle bestimmt gerichteter Variation" (Jena 1896), dass dem Darwinismus noch etwas fehle. Das sei sein neuer Gedanke der Germinalselektion. Den erläutern wir am besten an einem Beispiel: Man nimmt an, dass das Pferd von fünfzehigen Tieren abstammt. An dem Pferdefuss ist nur die mittlere von den fünf Zehen am Fusse der Pferdeahnen erhalten geblieben. Sie ist aber viel grösser, als sie es bei diesen war. Weismann würde nun mit Hilfe seiner „neuen Gedanken" die stammesgeschichtliche Umbildung des fünfzehigen Fusses der Pferdeahnen zu dem einzehigen der Pferde auf folgende Weise zustande kommen lassen: Im Id der Pferdeahnen waren für jeden Fuss fünf Determinantengruppen vorhanden. Sie, und damit die Zehen, variierten, insbesondere rücksichtlich ihrer Grösse. „Naturzüchtung" bemächtigte sich der Variationen. Sie liess nur diejenigen Pferde leben, die vergrösserte Mittelzehen, verkleinerte Seitenzehen (vier an jedem Fuss) hatten. Die Determinanten der Mittelzehe des Fusses kamen nun durch ihre ursprünglich auf zufälliger Variation beruhende Vergrösserung ins Wachsen hinein, die der Seitenzehen durch ihre ursprünglich auf zufälliger Variation beruhende Verkleinerung ins Schwinden. Beide waren auf eine schiefe Ebene geraten, auf der sie natürlich herabrollen mussten. Die einen wuchsen, die andern schwanden fort und fort, und mit ihnen die Zehen, die sie determinierten. So entstand der einzehige Fuss des Pferdes. Soll dieser, so können wir hinzufügen, nicht grösser werden, so dass schliesslich vom Pferd nichts übrig bleibt, als vier Hufe, so muss „Naturzüchtung" wieder eingreifen. Dazu müssten aber die Hufdeterminanten jederzeit ihr Hinabrollen wieder aufgeben, also immer noch direktionslos variieren können. Wenn sie das aber thun, rollen sie die schiefe Ebene nicht hinunter. Das ist Weismann und auch manchem seiner Anhänger entgangen. „Denn ein vollkommener Widerspruch bleibt gleich geheimnisvoll für Kluge wie für Thoren." Weismanns „neue Gedanken" über „Germinalselektion" kennzeichnen die neueste Phase des Darwinismus; sie sind gleichzeitig das Hauptfacit der dreissigjährigen Denkarbeit des Führers der heutigen Darwinisten und des Hauptfortbildners der Darwin-Wallaceschen Lehre von der „natürlichen Zuchtwahl", die, wie wir noch mitzuteilen haben, von Wilhelm Roux („Der Kampf der Teile im Organismus. Ein Beitrag zur Vervollständigung der mechanischen Zweckmässigkeitslehre," Leipzig) auf die Konstituenten des Organismus ausgedehnt wurde — eine 1881 veröffentlichte Erweiterung der Darwinschen Lehre, die Weismann 1895 zu seinen „neuen Gedanken" über „Germinalselektion" angeregt hat.

Unter den Forschern, denen der Darwinismus nicht genügte, verdienen an dieser Stelle Moritz Wagner und Romanes — auf die Lehren anderer gehen wir später noch ein — besondere Beachtung.

Wagner lehrte folgendes: Wenn wir eine Tierart bis an die Grenze ihres Verbreitungsgebietes verfolgen und diese Grenze überschreiten, so stossen wir gewöhnlich sehr bald, und oft schon, ehe wir die Verbreitungsgrenze der betreffenden Art erreicht haben, auf eine andere, und zwar auf eine mit der ersteren nächstverwandte Tierart, die aber ein anderes Verbreitungsareal inne hat. Gehen wir auch über das Gebiet dieser letzteren Art hinaus, so können wir auf eine dritte, vierte und fünfte Art stossen, von denen jede den beiden ersten verwandt sein kann und ein besonderes Verbreitungsgebiet bewohnt. Im allgemeinen können wir den Satz aufstellen, dass es keine zwei nächstverwandten Tierarten giebt, deren Verbreitungsgebiete sich vollkommen decken. Vielfach kann der Fall festgestellt werden, dass die Verbreitungsgebiete zweier nächstverwandter Tierarten sich teilweise decken; aber eine vollkommene Deckung ist noch in keinem Fall bei zwei oder mehr nächst verwandten Tierarten festgestellt worden. Es kann auch vorkommen, dass das Verbreitungsgebiet der einen Art vollständig innerhalb desjenigen der andern Art liegt, dass also, soweit der Wohnkreis der ersten Art reicht, ein Zusammenfallen mit dem Verbreitungsgebiet der zweiten Art stattfindet; aber in solchen Fällen dehnt sich eben die Heimat der einen Art über die der zweiten aus, so dass von Kongruenz der beiderseitigen Wohngebiete nicht die Rede sein kann. Nächtsverwandte Tierarten sind ketten- oder, besser gesagt, netzförmig über die Erde verbreitet. Wie die Maschen eines Netzes reihen sich die Wohngebiete der Arten einer Gattung aneinander, und wenn auch, wie schon hervorgehoben, mancherlei teilweise Deckungen vorkommen, so hat sich noch in allen Fällen, wo man die Grenzen der Verbreitungsgebiete nächstverwandter Arten festgestellt hat, die Thatsache ergeben, dass keine vollkommene Deckung stattfindet. Aus dieser Thatsache können wir den Schluss ziehen, dass in einem und demselben Gebiete, soweit wenigstens alle Individuen unter denselben Verhältnissen leben, aus einer Art nicht zwei oder mehr neue Arten werden können. Wagner meinte zuerst, dass hierbei die Möglichkeit einer allseitigen Kreuzung, wie sie nach ihm innerhalb eines und desselben Wohnkreises einer Art möglich sein soll, eine grosse Rolle spielt. Er hat übrigens seine Ansichten im Laufe der Zeit geändert und es ist deshalb notwendig, auf die Entwickelungsgeschichte seiner Ideen etwas näher einzugehen. Ursprünglich suchte Wagner seine Theorie mit der Darwinschen zu vereinigen. Nach der letzteren entsteht eine neue Art dadurch aus einer vorhandenen, dass die Lebensbeeinflussungen andere werden, und dass nunmehr diejenigen Individuen seitens der züchtenden Natur ausgewählt werden, die den neuen Lebensbeeinflussungen am besten entsprechen. Wagner nahm nun an, dass dies zunächst nur einzelne Individuen sein können, und dass nicht bloss sie, sondern noch eine grosse Anzahl anderer leben bleiben, so dass nicht allein die Möglichkeit, sondern auch die hohe Wahrscheinlichkeit gegeben ist, dass die den neuen Lebensbeeinflussungen am besten entsprechenden, von den übrigen Individuen der betreffenden Organismenart abweichenden Vertreter der letzteren sich mit denjenigen geschlechtlich mischen, die nicht in zweckentsprechender Weise abgeändert sind, wodurch die neuen Errungenschaften wieder verloren gehen sollten. Wagner suchte also den Nachweis zu führen, dass die Darwinsche Selektionstheorie nicht geeignet sei, eine Züchtung neuer Tier- und Pflanzenarten ohne eine Hülfslehre, die er in seiner „Migrationstheorie“ gefunden zu haben glaubte, nachzuweisen. Er meinte, dass die vorteilhaft abgeänderten Individuen, wenn nicht in allen, so doch in manchen Fällen auswandern würden in eine Gegend, wo die Art, der sie angehören, nicht vertreten, wo also die Möglichkeit einer Kreuzung mit unabgeänderten Individuen ausgeschlossen ist. Später hat Wagner seine Migrationstheorie durch die der Separation oder der räumlichen Sonderung ersetzt, indem er zugleich die Verquickung seiner Anschauungen mit

denen des Darwinismus zurücknahm. Nach Wagners Separationstheorie bilden sich neue Arten dadurch, dass auf die eine oder andere Weise etliche Individuen einer Art in ein Gebiet gelangen, das vorher nicht von dieser Art bewohnt war. Die Entstehung neuer Arten erklärt sich dann nach Wagner dadurch, dass, da die Individuen einer Art ja alle mehr oder minder voneinander abweichen, die wenigen Gründer der neuen Art ihre Besonderheiten bewahren und nicht durch Kreuzung mit anderen Individuen wieder einbüssen würden. Die Anpassung lässt Wagner aber im Sinne Lamarcks zustande kommen, und neben Einrichtungen, die den Organismen von Nutzen sind, erkennt er andere an, die lediglich der Ausdruck eigentümlicher Struktur sind. Die klimatischen Verhältnisse sind nach Wagner von sehr untergeordneter, die Verhinderung der Kreuzung ist von ausschlaggebender Bedeutung. Wagner huldigte ferner der Anschauung, dass die weisse Farbe der Polar- und die gelbe der Wüstentiere dadurch zustande gekommen ist, dass entsprechend gefärbte Individuen von Arten, die andere Gegenden bewohnten, nach den Polarländern und den Wüsten auswanderten. Wagners Schriften werden erst neuerdings mehr gewürdigt als zu Lebzeiten ihres Verfassers; insbesondere tragen neuere Forscher der Thatsache der ketten- oder netzförmigen Verbreitung nächstverwandter Organismenarten Rechnung, so z. B. Ortmann („Grundzüge der marinen Tiergeographie", Jena 1896) und Matschie. Dem Aufsatze des letztgenannten Forschers „Die afrikanischen Wildpferde als Vertreter zoogeographischer Subregionen" („Zool. Garten" 1894) haben wir fast wörtlich, wenn auch sprachlich und sachlich etwas verändert, entlehnt, was auf S. 320 bis 322 (Absatz 1) gesagt worden ist.

Die Erkenntnis, dass auf einem und demselben engbegrenzten Wohngebiete aus einer Tier- oder Pflanzenart nicht zwei neue Arten hervorgehen können, hat gleich Wagner auch Darwins Lieblingsschüler Romanes zur Aufstellung seiner von der Darwinschen abweichenden Artbildungslehre veranlasst. Er sagt, dass die Darwinsche Theorie nicht, wie es der Titel des Darwinschen Hauptwerkes vermuten lassen könnte, eine Theorie über die Entstehung der Arten sei, sondern eine Erklärung der Anpassungen, und er begründet diese Anschauung in derselben Weise wie Moritz Wagner die seinige, nämlich dadurch, dass es der „natürlichen Zuchtwahl" unmöglich sei, aus einer Art zwei oder mehrere zu züchten, weil die Kreuzung die Verschiedenheiten wieder beseitigen würde. Wohl könnte eine Art allmählich durch „natürliche Zuchtwahl" in eine andere Art umgewandelt werden, aber eine Trennung der Arten könnte das Darwinsche Princip nicht bewirken. Um die Entwickelung von zwei oder mehreren neuen Arten aus einer Stammart zu erklären, stellte Romanes seine Theorie der physiologischen Zuchtwahl auf, die von der Thatsache ausgeht, dass nicht alle Individuen einer Art, welche sich geschlechtlich miteinander verbinden, Nachkommen zeugen. Romanes nimmt an, dass viele Individuen einer Art mit vielen anderen Individuen unfruchtbar seien, dass sich aber dieselben Individuen mit wieder anderen fruchtbar verbinden könnten, etwa in der Weise, dass von den vier Individuen *a*, *b*, *c*, *d* sich *a* mit *b* und *c* mit *d* mit Erfolg begatten könnten, nicht aber *a* mit *c* und *b* mit *d*. Auf diese Weise soll eine Trennung der Arten entstanden sein, dadurch, dass eben nur bestimmte Individuen einer Art mit bestimmten anderen Individuen der Art Nachkommen zeugten.

Ausser Romanes hat auch Gulick eine Theorie der Artensonderung, die durch dieselben Bedenken wie die Wagnersche und Romanessche veranlasst worden ist, aufgestellt. Diese Theorie nimmt eine ganze Reihe von Momenten an, die artentrennend wirken sollen.

Ob es nötig war, Theorieen über Artentrennung aufzustellen, ist, wie wir aus einem späteren Abschnitt ersehen werden, eine noch unentschiedene Frage.

2. Der Stammesfortschritt.

Stammerhaltende Umbildungen der Organismenformen müssen diese ihrer Umgebung anpassen. Tiere und Pflanzen, die ihrer Umgebung angepasst sind, stammen aber sicher von Vorfahren ab, die gleichfalls ihrer Umgebung angepasst waren. In Bezug auf die Erhaltungsmässigkeit der Formen ist also kein Fortschritt, sondern nur Beharrung oder Rückschritt möglich. Was nicht stammerhaltend organisiert ist, hat nicht zahlreiche Nachkommen durch viele Generationen; was diese aber hatte, muss stammerhaltend organisiert gewesen sein. Ein etwaiger Stammesfortschritt betrifft demnach nicht die Erhaltungsmässigkeit der Organismenformen, sondern kann nur in einer Erhöhung dessen, was wir Formenwert genannt haben, bestehen, wie Stammesrückschritt nur in einer Verminderung des Formenwertes.

Dass die Organismenformen verschiedenwertig sind, haben wir zur Genüge festgestellt. Dem stammesgeschichtlichen Teil der Entwickelungsmechanik erwächst daraus die Aufgabe, zu untersuchen, ob der Formenwert im Laufe der Generationen notwendigerweise stetig erhöht oder stetig vermindert wird, oder ob bald das eine, bald das andere stattfindet. Muss der Formenwert innerhalb einer und derselben Abstammungsreihe stetig erhöht oder vermindert werden, so kann aus der Stammesreihe *a b c d* nicht wieder die Stammesreihe *d c b a* hervorgehen. Bei Hin- und Herschwanken des Formenwertes dürfte dies aber möglich sein. Welches stammesgeschichtliche Verhalten lässt sich auf Grund der Thatsachen erschliessen? Kommt es vor oder nicht, dass eine Form *b*, die von einer Form *a* abstammt, diese wieder erzeugt?

Für die Ansicht, dass sich eine Form wieder auf stammesgeschichtlichem Wege in die Form, aus der sie stammesgeschichtlich entstanden ist, umbilden kann, könnte man eine Reihe von Thatsachen anführen wollen. Man könnte z. B. sagen, dass es gewisse Wasserpflanzen giebt, die auf dem Lande zu Landpflanzen werden, sich aber, ins Wasser zurückversetzt, wieder zu Wasserpflanzen gestalten. Ferner könnte man den Generationswechsel zu Gunsten jener Ansicht anführen; denn ein Polyp z. B. kann eine Meduse erzeugen, und umgekehrt eine Meduse einen Polypen. Man würde aber in beiden Fällen vergessen, dass die Natur in jedem von ihnen nur mit einem einzigen Bildungsmaterial arbeitet. Aus einem und demselben Bildungsmaterial kann bei der betreffenden Pflanze je nach den Umständen entweder eine Wasser- oder eine Landform werden; aber der Bildungsstoff selbst bleibt sich gleich. Ebenso kann je nach den Umständen aus einem und demselben Bildungsmaterial entweder ein Polyp oder eine Meduse entstehen; auch hier bleibt das Bildungsmaterial unverändert, geradeso, wie der kohlensaure Kalk kohlensaurer Kalk bleibt, ob sich seine

Atome nun zu einem Aragonit- oder zu einem Kalkspatkrystall vereinigen. Bei der stammesgeschichtlichen Umbildung einer Organismenform in eine andere handelt es sich aber um eine Veränderung des Bildungsmateriales, und in Bezug auf diese fragt es sich, ob aus einem Bildungsmaterial *b*, das aus einem Bildungsmaterial *a* durch Umbildung des letzteren entstanden ist, wieder unter bestimmten Beeinflussungen dieses Bildungsmaterial *a* werden kann.

Wir haben zur Beantwortung unserer Frage zunächst an die sogenannten Rückschläge zu denken. Indessen haben wir erkannt, dass es sich dabei um sehr verschiedenartige Dinge handelt, und dass wir es mit einem wirklichen Rückschlag nur da zu thun haben, wo Haustiere oder Kulturpflanzen verwildern und dabei die Charaktere ihrer wilden Stammformen wieder annehmen. Bei allen anderen Rückschlägen liegt nur eine Annäherung an einen Vorfahrentypus vor. Es werden z. B. Menschen mit affenähnlichem Schädel geboren; aber Affen sind sie darum noch nicht, sondern immer noch wirkliche Menschen. Ebenso bleibt das gemeine Leinkraut (Linaria vulgaris) gemeines Leinkraut, auch wenn seine Blüten in grösserer oder geringerer Anzahl, anstatt zweiseitig symmetrisch zu sein, eine regulär-pyramidale Grundform haben. Alle derartigen Rückschläge sind, wie wir erkannt haben, als pathologische Bildungen zu betrachten, und die bei Formenmischung auftretenden sind nur scheinbare Rückschläge, da das Bildungsmaterial dabei mehr oder weniger unverändert bleibt. Aber bei verwilderten Tieren und Pflanzen, die im Laufe der Generationen zu der Form ihrer Stammart zurückkehren, liegt in der That eine Umbildung eines Bildungsmaterials *b*, das aus einem Bildungsmaterial *a* entstanden ist, in dieses letztere vor. Es können also derartige stammesgeschichtliche Umbildungen stattfinden.

Indessen haben wir folgendes zu bedenken: Wenn Haustiere oder Kulturpflanzen auf dem Wege einer wirklichen Umbildung ihres Bildungsmateriales zur wilden Stammform zurückkehren, so geschieht dies, wie wir gesehen haben, durch Gefügefestigung. Sie selbst hingegen waren durch Gefügelockerung entstanden. Das legt die Frage nahe, ob zunehmende stammesgeschichtliche Gefügefestigung obwaltet, sofern es sich wenigstens um stammerhaltende Umbildungen freilebender Organismen handelt, oder ob die Festigkeit des Gefüges eines Organismenstammes im grossen und ganzen unverändert bleibt. Diese Frage wollen wir zunächst zu beantworten suchen.

Wir haben gesehen, dass es kaum einem Zweifel unterliegen kann, dass die Konstitution eines Organismus, wie man sich auszudrücken pflegt, eine stärkere oder schwächere, dass das Körpergefüge fester oder lockerer, ebenso wie ein Haus fester und weniger fest gefügt sein kann. Gleich den Gebäuden stellen die Organismen — und dasselbe

gilt auch von den Krystallen — Gleichgewichtszustände dar, die mehr oder weniger stabil oder mehr oder weniger labil sein können. Diese Erkenntnis kann uns nun dazu dienen, um uns über die Frage, ob aus einer wilden Organismenform *b*, die aus der Form *a* entstanden ist, auch in der freien Natur die letztere wieder hervorgehen kann, ohne dass die Stammerhaltung dadurch zweifelhaft wird, Klarheit zu verschaffen. Wir können jetzt weiter fragen, ob die Form *a* ebenso fest gefügt ist, wie *b*, oder weniger fest. Verallgemeinert lautet diese Frage, ob die zu einer Abstammungsreihe gehörigen Formen, von denen jede unter den Umständen, unter welchen sie gelebt hat, erhaltungsmässig gewesen ist, alle eine gleich grosse Gefügefestigkeit besessen haben, ob sie alle gleich stabil gewesen sind, oder ob die Stabilität im Laufe der Stammesgeschichte zugenommen hat.

Bei dem Versuch einer Beantwortung dieser Frage haben wir uns zunächst vor einem Irrtum zu hüten, dem Irrtum nämlich, Gefügefestigkeit und Erhaltungsmässigkeit miteinander zu verwechseln. Je nach den Umständen kann nämlich eine mehr oder aber eine weniger fest gefügte Form die erhaltungsmässigste sein. Wo die Existenzbeeinflussungen einer Organismenform einem grossen Wechsel unterworfen sind, wo es bald heiss und bald kalt ist, bald trocken und bald feucht, wo bald Nahrungsmangel herrscht und bald Überfluss an Nahrung vorhanden ist, da entsteht jedesmal die Frage, ob eine mehr oder minder labile oder eine mehr oder minder stabile Form diesem Wechsel der Lebensbeeinflussungen besser gewachsen ist. Man könnte sagen, eine stabile Form wird hier erhaltungsmässiger sein, weil sie durch den Wechsel und die Verschiedenartigkeit der Anstösse nicht so leicht erschüttert werden kann, wie eine labile. Aber man könnte auch behaupten, die labile Form ist unter solchen Umständen mehr am Platze, weil sie sich eben wegen ihrer Labilität den wechselnden Lebensbedingungen leichter und schneller anpassen kann, als die stabile. Gefügefestigkeit und Erhaltungsmässigkeit bedeuten also von vornherein keineswegs dasselbe. Es lässt sich sehr gut denken, dass manche stabile Formen weniger erhaltungsmässig unter den auf sie einwirkenden Veränderungen der Umgebung sind, als labilere; aber es ist ebensogut auch das Umgekehrte denkbar.

Um nun zu ermitteln, wie die Dinge in der Natur thatsächlich liegen, ist es nötig, eine Reihe von Thatsachen zu betrachten.

Organismenarten, die einer starken, individuellen Variation unterworfen sind, mögen sie nun erhaltungsmässig sein oder nicht, sind sicher minder festgefügt, als solche, die keine grossen individuellen Schwankungen zeigen. Formen der ersteren Gruppe sind nun nicht in völlig regelloser Weise auf das System der Organismen verteilt, sondern wir finden, dass manche Gruppen sich vor anderen durch eine

grosse individuelle Variabilität auszeichnen. Wir haben festzustellen, welche Gruppen das sind. Von den Bakterien, also von Pflanzen, die zu den niedersten Organismen gehören, wissen wir, dass sie grossen Schwankungen bezüglich ihrer Wirkungen auf den Tierkörper unterliegen können. Es ist möglich gewesen, den gefährlichen Milzbrandbacillus in eine ziemlich harmlose Bakterienform umzuzüchten, und ähnliche Experimente und Erfahrungen hat man bei anderen Bakterien gemacht. Ferner weiss man von manchen niederen Urtieren, dass sie grossen individuellen Formenschwankungen unterworfen sind. In erster Linie sind hier die Foraminiferen zu nennen, deren Skelette innerhalb einer und derselben Art ganz bedeutende Verschiedenheiten aufweisen können. Unter den vielzelligen Tieren zeigen die niedersten, nämlich die Schwämme, eine sehr beträchtliche individuelle Variabilität. Man braucht nur eine Sammlung von Badeschwammskeletten, wie man sie in manchen Kaufläden findet, zu durchmustern, um zu finden, dass hier kein Stück gleich dem andern ist, sondern dass sich jedes Individuum leicht von allen übrigen unterscheiden lässt, wenn es auch manchmal schwer ist, die Unterschiede mit Worten zu beschreiben. Und ähnlich wie die Hornschwämme, zu denen der Badeschwamm gehört, verhalten sich auch die niederen Formen unter den zu anderen Abteilungen der Klasse gehörigen Schwämmen. Ähnliche individuelle Verschiedenheiten wie die Schwämme zeigen viele stockbildende Nesseltiere, z. B. eine Anzahl von Korallen. Die Formen der Thalluspflanzen, d. h. derjenigen Gewächse, bei denen keine Gliederung in Stamm und Blätter eingetreten ist, wie z. B. bei den Tangen, zeigen in Bezug auf die äussere Gesamtform des Organismus eine grosse individuelle Variabilität, die wir bei den höheren Pflanzenformen nicht antreffen. Zwar scheint dies auf den ersten Blick nicht richtig zu sein, denn die Waldbäume z. B. sind ja alle sehr verschieden voneinander; aber diese Verschiedenheit wird dadurch herbeigeführt, dass durch Zufall an diesem Baume dieser, an jenem jener Zweig derartig geschädigt wird, dass er nicht weiter wachsen kann. Die individuelle Verschiedenheit, die hierdurch herbeigeführt wird, ist also wohl zu unterscheiden von der individuellen Verschiedenheit der Thalluspflanzen, die auch ohne den Eintritt von Verstümmelungen eine sehr beträchtliche ist.

Bei allen variabeln Organismen der genannten Gruppen haben wir es mit niederen Formen zu thun. Wie verhalten sich nun in Bezug auf die individuelle Variabilität die höheren? Man könnte zunächst annehmen wollen, dass es hier nicht anders sei als bei den niederen. Denn das naheliegendste Beispiel, der Mensch, weist eine auffällige Verschiedenheit der Individuen auf. Aber erstens ist er durch die Kultur vielfach degeneriert, und zweitens sind seine individuellen Verschiedenheiten keineswegs so gross wie die der genannten niederen Organismen.

Das letztere gilt von allen höheren Tieren und Pflanzen, sofern sie nicht durch die Kultur entartet sind. Im allgemeinen dürfte die Behauptung gerechtfertigt sein, dass die Organismen sich bezüglich ihrer individuellen Variabilität in ähnlicher Weise abstufen, wie in Bezug auf ihren Formenwert, und dass die Abstufung nach der ersteren im grossen und ganzen Hand in Hand mit der Abstufung nach dem Formenwert geht, und zwar so, das die Organismen mit hohem Formenwert nur eine geringe individuelle Variabilität haben, und die mit niederem eine hohe. Dem entsprechend bedeutet auch hoher Formenwert hohe Gefügefestigkeit, niederer niedere.

Eine Reihe anderer Thatsachen dürfte diese Behauptung zu rechtfertigen geeignet sein. Stockbildung bei Tieren deutet zweifellos auf ein lockeres Körpergefüge, was sich daraus ergiebt, dass der Stock ursprünglich aus einem Individuum hervorgeht, das sich entweder teilt oder Knospen bildet, und dass Individuen, die zur Knospenbildung und zur Teilung befähigt sind, ein nachgiebiges Körpergefüge haben müssen, weil ein festgefügter Bau keine Verschiebungen zulässt, wie sie bei der Knospenbildung und bei der Teilung vorkommen. Stockbildung finden wir nun bei Urtieren, bei Schwämmen und Nesseltieren, bei Würmern, z. B. bei den Moostieren, und bei manchen Manteltieren. In allen diesen Fällen handelt es sich um ganz niedere oder doch verhältnismässig tief stehende Tierformen. Bei den höheren Tieren kommt Stockbildung nicht vor. Weder bei den Wirbeltieren, noch bei den Gliederfüssern, noch auch bei den Mollusken und Stachelhäutern treffen wir sie an. Daraus dürfte wohl der Schluss zu ziehen sein, dass das Körpergefüge der höheren Tiere ein festeres ist, als das der niederen. Knospung führt nicht immer zur Stockbildung. In vielen Fällen lösen sich die Knospen von dem elterlichen Tiere ab, um ein eigenes individuelles Dasein zu führen. Diese Art der Knospenbildung finden wir wieder bei Urtieren, Schwämmen, manchen Nesseltieren und Würmern, kurz, wiederum bei niederen Tieren. Da Knospenbildung auf lockeres Körpergefüge deutet, so schliessen wir wieder, dass das Körpergefüge der niederen Tiere weniger fest ist als das der höheren. Auch die Teilung führt nicht in allen Fällen zur Stockbildung. Wir finden sie wieder bei Urtieren, Schwämmen, Nesseltieren und Würmern, also wiederum bei niederen und wegen ihrer Teilungsfähigkeit als locker gefügt anzusehenden Tieren.

Neben der Stockbildung, der Knospung und Teilung deutet der Generationswechsel auf lockeres Körpergefüge. Denn es handelt sich, wie wir gesehen haben, beim Generationswechsel um die abwechselnde Entstehung verschiedener Formen aus einem und demselben Bildungsmateriale. Wenn aber ein Bildungsmaterial befähigt sein soll, zwei in so beträchtlichem Grade voneinander verschiedene Formen, wie es

ein Polyp und eine Qualle ist, je nach den äusseren Umständen hervorzubringen, so kann es nicht wohl ein sehr fest gefügtes sein, sondern es muss derartige Verschiebungen der Entwickelungsmöglichkeiten zulassen, wie wir sie thatsächlich bei den Tieren mit Generationswechsel antreffen. Der Generationswechsel ist nun auf niedere Tier- und Pflanzenformen beschränkt. Unter den Tieren treffen wir ihn an bei manchen Nesseltieren und bei etlichen Würmern; unter den Pflanzen bei den Gefässkryptogamen. Und wenn man neuerdings auch bei den höheren Pflanzen einen Generationswechsel annimmt, so hat man doch zu bedenken, dass es sich hierbei nicht sowohl um einen etwa dem der Polypen und Quallen ähnlichen Generationswechsel, als vielmehr um eine Form der Fortpflanzung handelt, die man aus einem Generationswechsel der Vorfahren herzuleiten sucht, die aber mit dem eigentlichen Generationswechsel nicht zusammengeworfen werden darf. Der Generationswechsel ist also auf niedere Tiere und auf niedere Pflanzen beschränkt, woraus wiederum der Schluss folgt, dass diese ein weniger festes Körpergefüge haben, als die höheren Organismen.

Zu demselben Schluss gelangen wir, wenn wir untersuchen, bei welchen Organismen Regeneration vorkommt. Die lässt ja auch auf ein lockeres Körpergefüge schliessen; denn es sind dabei vielfach Verschiebungen von Zellen nötig, und in manchen Fällen handelt es sich auch um eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Zellen. Tiere, die befähigt sind, einen grösseren oder kleineren verloren gegangenen Körperteil, der manchmal mehr als die Hälfte des ganzen Körpers betragen kann, zu regenerieren, finden wir bei den Urtieren, unter denen z. B. mit Infusorien zahlreiche einschlägige Experimente gemacht worden sind, ferner unter den Schwämmen und Nesseltieren, unter welch' letzteren der Süsswasserpolyp (Hydra) wegen seiner ausserordentlich grossen Regenerationsfähigkeit berühmt ist, dann bei Würmern, Seesternen und Seegurken, weiterhin bei Krebstieren, z. B. bei Zehnfüssern, die verloren gegangene Gliedmaassen oder Fühler zu regenerieren vermögen, weiterhin bei Schwanzlurchen, z. B. den Molchen, bei denen abgeschnittene Beine wieder wachsen und sogar herausgenommene Augen wieder erzeugt werden, und endlich unter den Reptilien bei den Eidechsen, die abgebrochene Schwänze zu regenerieren vermögen. Sehen wir uns die genannten Tiere etwas näher an, so finden wir folgendes: Urtiere, Schwämme, Nesseltiere und Würmer sind niedere Tiere. Seesterne und Seegurken stehen in Bezug auf ihren Formenwert auf tieferer Stufe als andere Stachelhäuter, z. B. als die Seeigel, bei denen man nichts von einer grossen Regenerationsfähigkeit weiss. Krebse sind tiefer organisiert als andere Gliedertiere, z. B. als die Insekten, die nicht zur Regeneration verloren gegangener Körperteile befähigt sind; und die Wirbeltiere, bei denen

Regenerationsfähigkeit vorkommt, die Schwanzlurche und die Eidechsen, stehen, die einen verglichen mit den Froschlurchen, die anderen mit den Schlangen und anderen Reptilien, gleichfalls auf einer niederen Stufe. Es ist beachtenswert, dass die Regenerationsfähigkeit bei den Vögeln und Säugetieren eine ganz geringfügige ist, und dass die Frösche nur in der ersten Jugend, im Larvenstadium, zu einer einigermaassen beträchtlichen Regeneration befähigt sind. Im grossen und ganzen können wir also sagen, dass die Tiere, bei denen Regeneration verloren gegangener Körperteile vorkommt, auf tieferer Entwickelungsstufe stehen, als die, bei denen sie nicht vorkommt, und daraus den Schluss ziehen, dass die letzteren fester gefügt sind als die ersteren. Bei etwa gegen diese Schlussfolgerung vorzubringenden Einwänden wird man zu bedenken haben, dass die Frage nach dem Formenwert eines Organismus eine ziemlich schwierige ist. Das wird z. B. geschehen müssen, wenn man die Fische, bei denen keine grosse Regenerationsfähigkeit beobachtet wird, gegen die Berechtigung unseres Schlusses anführen will, indem man behauptet, dass sie unter den Wirbeltieren auf niederster Organisationsstufe ständen. Diese Behauptung würde indessen nur für die niedersten Fische gelten, nicht aber für die höheren; denn wenn es auch richtig ist, dass die niedersten Fische auf tieferer Organisationsstufe stehen als die niedersten Amphibien, so ist doch damit noch nicht gesagt, dass die höheren Fische nicht im grossen und ganzen auf höherer Stufe stehen, als die meisten Amphibien, wenn auch zugegeben werden mag, dass die höchsten Amphibien die höchsten Fische in Bezug auf ihren Formenwert übertreffen. Bei unbefangener und streng kritischer Prüfung der Frage, um die es sich hier handelt, dürfte man zu dem Ergebnis gelangen, dass die Regenerationsfähigkeit abnimmt mit der fortschreitenden Festigung des Gefüges, und dass der Formenwert eines Organismus einen Maassstab für seine Gefügefestigkeit abgiebt.

Dass die Gefügefestigkeit bei den niederen Organismen geringer ist, als bei den höheren, dafür sprechen auch noch einige Beobachtungen, die man an niederen Pflanzen und an niederen Tieren bezüglich der Umkehrung der Polarität des Baues gemacht hat. Bei den Schlauchalgen oder Siphoneen, die polar gebaut, wenn auch freilich nur sehr einfach organisiert sind, hat man beobachtet, dass die innere Polarität der Glieder ihres Thallus durch Einwirkung äusserer Einflüsse ziemlich leicht umgewandelt werden kann. Diese leichte Veränderung der Polarität geht bei einer Form der Siphoneen, Bryopsis, so weit, dass es zuweilen genügt, einen aufrecht gewachsenen Spross einfach umzukehren, um zu beobachten, dass sich der ursprüngliche Gipfelteil in einen Wurzelschlauch verwandelt, der in den Boden eindringt und mit Sandkörnchen verwächst. Ein Gegenstück hierzu bilden unter den Tieren einige Hydroidpolypen, bei denen man gleich-

falls die Polarität umkehren kann. Sowohl diese Tiere als auch jene Pflanzen stehen aber auf niederer Organisationsstufe. Ihr Körpergefüge ist ein lockeres, weil es ja sonst die zu einer Umkehrung der Polarität erforderliche Umlagerung der Teilchen nicht zulassen würde. Und wenn nun auch Thatsachen über die Umkehrung der Polarität bis jetzt nur in geringer Anzahl vorliegen, so dürfen wir doch aus dem Umstande, dass die bisher bekannten niedere Organismen betreffen, schliessen, dass auch die noch zu entdeckenden sich gleichfalls auf niedere Organismen beziehen werden. Übrigens ist es schon von vornherein klar, dass man bei den höheren Organismen die Polarität des Baues nicht so leicht wird verändern können, wie bei den niederen. Bei Weiden, die man umgekehrt in den Boden steckt, bilden sich zwar an dem ursprünglichen Kopfende Wurzeln, und an dem Wurzelende Zweige, aber letztere nur widerwillig, was daraus hervorgeht, dass sie bald absterben.

Im grossen und ganzen können wir aus alle den mitgeteilten Thatsachen über individuelle Variabilität, über Teilung, Knospung und Stockbildung, über Generationswechsel, Regenerationsfähigkeit und Polaritätsumkehrung den Schluss ziehen, dass die niederen Organismen ein minder festes Körpergefüge haben als die höheren.

Nun wollten wir aber untersuchen, ob die stammesgeschichtliche Umbildung freilebender Organismen auf dem Wege einer Gefügefestigung erfolgt. Ist das der Fall, dann müssen die höheren Organismen, die mit hohem Formenwert, von niederen abstammen. Und dass sie das in der That thun, lehrt die geologische Stufenfolge der Tiere und Pflanzen.

Die Thatsache, dass der Formenwert oder die Organisationshöhe der Organismen mit jedem Schritte, den wir von den jüngsten Ablagerungen der Erdrinde nach den ältesten hin thun, abnimmt, ist so bekannt, dass wir uns nur einiger weniger Punkte zu erinnern brauchen, um sie uns ins Gedächtnis zurückzurufen. Was zunächst die Pflanzen anlangt, so hat die Paläontologie im Verein mit der Geologie nachgewiesen, dass blütenlose Pflanzen vor den Blütenpflanzen und unter den letzteren nacktsamige vor den bedecktsamigen, sowie unter diesen wieder einsamenlappige vor den zweisamenlappigen auftraten. In der genannten Reihenfolge bilden die Pflanzen aber eine Stufung vom niederen zum höheren, und vielfach kann man zeigen, dass sich eine ähnliche Stufung wie diese die Hauptpflanzengruppen betreffende auch innerhalb kleinerer Gruppen nachweisen lässt. So ist das Blatt mancher Eichen der Gegenwart in seiner Form viel weiter vorgeschritten, als das der ältesten ausgestorbenen Eichen, von denen man Kunde hat. Bei den Tieren ist es nicht anders, als bei den Pflanzen. Paläontologie und Geologie zeigen uns, dass z. B. innerhalb der Wirbeltierreihe Fische früher auftraten als Amphibien, diese früher als Reptilien, und diese

wieder früher als Säugetiere und Vögel. Früher haben wir aber gesehen, dass die niedersten und die höchsten Fische auf tieferer Formenwertstufe stehen, als die niedersten bezw. die höchsten Amphibien, und dass sich diese ebenso den Reptilien, wie die Fische ihnen gegenüber, verhalten. Für die Reptilien gilt dasselbe rücksichtlich ihres Formenwertes verglichen mit dem der Säugetiere und Vögel. Innerhalb jeder der fünf genannten Abteilungen des Wirbeltierkreises finden wir ähnliche Abstufungen, wie sie die Wirbeltierklassen unter sich zeigen. Unter den Fischen erscheinen die niederen Haifische und ihre Verwandten früher als die höher organisierten Schmelzschupper, und diese früher als die noch höher stehenden Knochenfische, unter welch' letzteren die auf einer tieferen Entwickelungsstufe stehenden, bei denen die Schwimmblase mit dem Darm durch einen Gang verbunden ist, vor denjenigen Fischen, bei denen dies nicht mehr der Fall ist, und die auf höherer Entwickelungsstufe stehen, auftreten. Die ältesten Vögel haben einen langen, an den der Eidechsen erinnernden Schwanz, durch den sie sich als Angehörige einer tiefen Entwickelungsstufe erweisen. Auch für die Reptilien und Amphibien lässt sich nachweisen, dass die jüngeren Formen eine höhere Wortstufe einnehmen als die älteren. Besonders auffällig ist dies aber bei den Säugetieren, deren Paläontologie wir gegenwärtig sehr genau kennen. Hier treten nicht nur die höheren Ordnungen später auf als die niederen, sondern man kann auch innerhalb jeder Ordnung, und vielfach noch innerhalb der kleineren Abteilungen, die Thatsache nachweisen, dass die jüngeren Formen höher entwickelt sind als die älteren. So hat man z. B. bei Pferden ganz genau nachweisen können, dass die ältesten Pferde, oder wenigstens die ältesten Tiere, die man mit Sicherheit als den ältesten Pferden nächst formverwandt betrachten kann, Tiere waren von verhältnismässig kleiner Körpergrösse mit langem Schwanz, verhältnismässig kurzen Vorder- und langen Hinterbeinen und fünf Zehen an jedem Fusse. Von diesen ältesten bekannten Tieren, die zu den heutigen Pferden in formverwandtschaftlicher Beziehung stehen, bis zu den gegenwärtigen Pferden, in denen wir grosse Tiere mit annähernd gleichlangen Vorder- und Hinterbeinen, verhältnismässig kurzem Schwanz und nur einer Zehe an jedem Fusse vor uns haben, lässt sich eine fast ununterbrochene Stufenreihe von Übergängen finden, die uns deutlich zeigt, dass eine Erhöhung des Formenwerts im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwickelung stattgefunden hat. Annähernd so wie die Pferde verhalten sich aber auch noch eine Anzahl anderer Säugergruppen, über welche die Handbücher der Paläontologie Auskunft geben.

Alles in allem genommen können wir sagen: Wo sich bei einer Tierabteilung das paläontologische Material nur irgendwie der Vollständigkeit nähert, sieht jeder Unbefangene, dass die älteren Formen,

verglichen mit ihren Formverwandten aus jüngeren Erdschichten, auf tieferer Formenwertstufe stehen als diese. Es giebt wenige allgemeine Thatsachen der Biologie, die sich auf so viel Material stützen, wie die Thatsache, dass der Formenwert der Organismen von den ältesten Erdschichten nach den jüngsten hin stetig zunimmt, vorausgesetzt, dass wir die Vergleichungen in richtiger Weise anstellen und nicht etwa z. B. die heute lebenden Reptilien mit den ausgestorbenen Riesenformen der Vorwelt vergleichen, sondern mit solchen Formen, die wir als Vorfahren der heutigen oder doch als nächste Formverwandte dieser Vorfahren betrachten können, und die ausgestorbenen hochentwickelten Riesenreptilien mit ihren mutmaasslichen Vorfahren oder deren nächsten Formverwandten. Da wir nun gefunden haben, dass das Körpergefüge der höheren Organismen ein festeres ist, als das der niederen, so sind wir berechtigt, den allgemeinen Satz auszusprechen, dass das Körpergefüge der Organismen im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwickelung im grossen und ganzen stetig zugenommen hat. Wenn das aber der Fall ist, so hat man zu schliessen, dass Gefügelockerung nicht zu erhaltungsmässigen Bildungen führt. Dafür, dass Gefügelockerung möglich ist, giebt es ja eine ganze Reihe von Thatsachen, die wir früher kennen gelernt haben. Allein wenn sie ebenso oft zu erhaltungsmässigen Formen führte, wie Gefügefestigung, so blieb es unverständlich, dass die Organisationshöhe der Organismen im grossen und ganzen während der Erdgeschichte stetig zugenommen hat. Wo also Gefügelockerung stattgefunden hat, muss sie auch zum Untergang der betreffenden Formen geführt haben. Da sie indessen möglich ist, so können wir nicht sagen, dass die Umbildung der Organismenformen notwendigerweise nach einer Richtung hin stattfindet, sondern nur, dass erhaltungsmässige neue Formen nur auf dem Wege der Gefügefestigung zustande kommen.

Dieser Satz darf aber nicht umgekehrt werden; man darf nicht sagen, dass Gefügefestigung immer zu erhaltungsmässigen Formen führt; denn das Gefüge darf nie so fest werden, dass es nicht leicht eine Anpassung an denjenigen Wechsel der Lebensbeeinflussungen, denen die meisten Organismenformen unterworfen sind, und an die im Laufe der Erdgeschichte stattfindenden Veränderungen der Lebensbeeinflussungen gestattet. Ist das Gefüge so fest geworden, dass die Anpassung keinen Schritt mit den Veränderungen der Lebensbeeinflussungen halten kann, so müssen die betreffenden Organismenformen aussterben. Es ist wahrscheinlich, dass alle die zahlreichen hochentwickelten Tierformen früherer Zeiten der Erdgeschichte, die ohne Nachkommen ausgestorben sind, wie z. B. die Ammoniten, die grossen Reptilien, die Trilobiten und andere, infolge zu weit gehender Gefügefestigung ihre Anpassungsfähigkeit einbüssten und infolgedessen zu Grunde gingen.

Wir sind nunmehr in der Lage, die von uns auf S. 337—339 aufgestellten Fragen wenigstens für die Organismen im Naturzustande in präciser Weise zu beantworten: Ist eine Form *b*, die aus einer Form *a* entsteht, erhaltungsmässig, so ist sie durch Gefügefestigung und nicht durch Gefügelockerung entstanden. Ist sie nicht erhaltungsmässig, so kann sie entweder durch Gefügefestigung oder Gefügelockerung entstanden sein. Entsteht aus der Form *b* wieder die Form *a*, was nur dann geschehen kann, wenn die Form *b* eine erhaltungsmässige war, also nicht zu Grunde ging, so kann dieses nur auf dem Wege der Gefügelockerung geschehen. Die wieder aus *b* entstehende Form *a* ist also unter den Beeinflussungen, unter welchen sie entstand, eine nicht erhaltungsmässige. Und, obwohl es vorkommen kann, dass die Form *b* die Form *a* wieder erzeugt, so kann doch auf diesem Wege keine Fortbildung des betreffenden Organismenstammes erfolgen, da hierzu die Erzeugung erhaltungsmässiger Organismen nötig ist. Stammesfortschritt, d. h. Erhöhung des Formenwertes der Angehörigen eines Organismenstammes, ist nun an Gefügefestigung gebunden. Erhaltungsmässige Umbildung eines Organismenstammes wird aber kaum auf einem andern Wege als dem des Stammesfortschrittes vor sich gehen können, weil es unwahrscheinlich ist, dass die zu jeder Umbildung erforderliche Gefügeänderung nicht entweder Lockerung oder Festigung, sondern ein Sichgleichbleiben der Festigkeit bedeutet. Denn der Organismus ist in letzter Linie ein Aggregat chemischer Moleküle, und deren Festigkeit kann, wie sich aus den Thatsachen schliessen lässt, nur erhöht oder vermindert werden, was, sei es durch Angliederung, sei es durch Abstossung von Atomen, geschieht. Es ist aber nicht zu erwarten, dass bei der Veränderung des Gefüges eines Organismus eine durch Veränderung gewisser Moleküle herbeigeführte Schädigung der Gefügefestigkeit dieses Organismus durch Veränderung anderer Moleküle, die eine Festigung der letzteren bedeutet, genau kompensiert werde, denn dazu ist der Organismus zu kompliziert. Wenn demnach nur Festigung oder Lockerung des organischen Gefüges möglich ist, so kann die Gefügefestigkeit der Angehörigen eines Organismenstammes bei dessen erhaltungsmässiger Umbildung weder unverändert bleiben noch vermindert, sondern nur erhöht werden, weshalb wegen des Handinhandgehens von Gefügefestigkeit und Formenwert erhaltungsmässige Stammesumbildung nur Stammesfortschritt, nur Formenwerterhöhung der Stammhalter, sein kann, eine Erkenntnis, durch welche die für Anhänger einer Theorie der zufälligen Formbildung, die ja nur die Erhaltungsmässigkeit der Organismen zum Gegenstande haben kann, völlig unerklärliche Thatsache des durch die Paläontologie dokumentierten allgemeinen Stammesfortschrittes der Organismen als notwendig begriffen ist.

Unser Ergebnis haben wir jedoch in angemessener Weise einzuschränken: Es wird nicht gleich jeder geringe Grad von Gefügelockerung zum Untergang des betreffenden Organismus führen; dieser wird nur dann zu Grunde gehen, wenn die Gefügelockerung einen gewissen Grad überschritten hat. Wir haben uns auch vor der Anschauung zu hüten, dass jeder Wechsel der Lebensbeeinflussungen notwendigerweise gleich eine Gefügefestigung oder eine Gefügelockerung herbeiführen müsste. Es giebt Organismen, die einen Wechsel der Lebensbeeinflussungen mit Leichtigkeit überstehen, und andere, die sehr empfindlich dagegen sind. So kann man den Süsswasserstichling (Gasterosteus aculeatus) in starkes Seewasser bringen, ihn monatelang darin lassen, um ihn dann wieder in Süsswasser zurück zu versetzen, ohne dass er dadurch geschädigt würde. Die meisten anderen Wassertiere würden ein derartiges Experiment nicht vertragen. Manche Säugetiere und Vögel kann man von einem Klima ins andere versetzen, ohne dass sie dadurch wesentlich in ihrem Wohlbefinden und namentlich auch in ihrer Fortpflanzungsfähigkeit gestört werden. Die einschlägigen Thatsachen haben die Aufmerksamkeit der Forscher schon in dem Grade auf sich gezogen, dass man z. B. eurytherme und stenotherme, euryhaline und stenohaline Tiere unterschieden hat, d. h. Tiere, die innerhalb weiter Grenzen schwankenden Temperaturgraden angepasst sind, und solche, die nur dicht beieinander liegende Temperaturgrade vertragen, bezw. Tiere, die starke Schwankungen des Salzgehaltes des Wassers, in welchem sie leben, überstehen, und andere, bei welchen das nicht der Fall ist. Wir dürfen wohl annehmen, dass die Eurybien, wie wir diejenigen Organismen nennen können, denen bezüglich der Lebensbedingungen ein weiter Spielraum gestattet ist, im Gegensatz zu den Stenobien, die keine innerhalb weiter Grenzen schwankenden Veränderungen der Lebensbeeinflussungen vertragen, auch leichter eine erhaltungsmässige Umformung gestatten als diese. Die Eurybien haben eine Zukunft, die Stenobien nicht.

Trotz der im obigen ausgesprochenen Einschränkung bleibt der allgemeine Satz bestehen, dass Stammesumbildung an Gefügefestigung gebunden ist, und dass diese mit Erhöhung des Formenwertes Hand in Hand geht. Zu letzterer ist aber Energieverbrauch nötig. Je höher der Formenwert eines Organismus ist, desto mehr Energie ist bei seiner Stammesentwickelung verbraucht, desto mehr Entwickelungsarbeit dabei geleistet worden. Da nun Entwickelungsarbeit nicht geleistet werden kann ohne Umbildungsreize, die überall in letzter Linie von aussen kommen müssen, so ist zu erwarten, dass die Organismen ceteris paribus in denjenigen Wohngebieten stammesgeschichtlich am meisten fortgeschritten sein werden, dass sie dort den grössten Formenwert aufweisen werden, wo der erdgeschichtliche Process die meisten Anstösse

zur Umbildung auf ihre Vorfahren ausübte. Je öfter die Beeinflussungen wechseln, unter denen Organismen leben, je öfter sich das Klima verändert und die Beschaffenheit des den Organismen zur Verfügung stehenden Bodens eine andere wird, je öfter Tiere und Pflanzen in Berührung mit Arten von Organismen kommen, mit denen sie noch nicht in ständiger Nachbarschaft lebten, desto mehr Anstösse zur Fortbildung müssen sie erhalten. Wechsel der Lebensbeeinflussungen muss aber wenigstens in neuerer geologischer Zeit, also etwa seit Beginn der Tertiärzeit, viel häufiger in den nordischen Ländern der Erde gewesen sein, als in den südlichen, und zwar deshalb, weil die grossen Landmassen der Erde nördlich vom Äquator, ja sogar nördlich vom Wendekreis des Krebses, angehäuft sind, und die Konfiguration der Kontinente sich, wenigstens seit Beginn der Tertiärzeit, nicht in der Weise geändert hat, dass, wo heute Land ist, früher tiefes Meer, und wo heute tiefes Meer ist, früher Land war, was indessen — und dieser Umstand ist sehr wichtig — nicht hinderte, dass sich die Küstenlinien im Laufe der Tertiärzeit und auch noch während der darauf folgenden Quartärzeit vielfach verschoben, so dass Kontinente bald miteinander verbunden, bald wieder voneinander getrennt waren, dass sie sich in grössere und kleinere Inseln auflösen, und dass diese sich wieder an Festländer angliedern konnten. Dazu kommt, dass die hohen Gebirge der Erde erst in der Tertiärzeit entstanden sind, und dass in die Quartärzeit die Eiszeit fiel. Seit Beginn der Tertiärzeit musste sich das Klima vieler Gegenden des Nordens also häufig ändern, ebenso deren Bodenbeschaffenheit, und Pflanzen- und Tierarten dehnten ihren Wohnkreis aus oder schränkten ihn ein, wodurch sie in Berührung mit bis dahin ihnen fremden Nachbarn kamen oder alte Nachbarn verloren. Alle diese Veränderungen der äusseren Lebensbeeinflussungen konnten im Süden viel weniger häufig sein, weil hier verhältnismässig wenig Land ist, das demgemäss auch nur verhältnismässig geringfügige Veränderungen erleiden konnte. Wir dürfen also erwarten, dass die Organismen des Nordens ceteris paribus höher entwickelt sind als die des Südens, — ceteris paribus, d. h. wir müssen die Vergleiche in richtiger Weise anstellen und nicht etwa Tiere mit Pflanzen, Säugetiere mit Schnecken oder Vögel mit Schmetterlingen vergleichen. Wir haben ja gesehen, das die Organismen von verschiedener Empfindlichkeit gegenüber der Temperatur sind, und das gilt nicht bloss für einzelne Arten, sondern für ganze grosse Gruppen. Die Warmblüter, also die Säugetiere und Vögel, widerstehen der Kälte viel besser, als die übrigen Landtiere. Das Leben der Reptilien und Amphibien, der Landschnecken, der Insekten und anderer Gliedertiere ruht, wenige Ausnahmen bei den Gliedertieren abgerechnet, in unseren und anderen nordischen Gegenden während des Winters, wohingegen viele Säugetiere und alle Vögel keinen

Winterschlaf halten. Tiere aber, deren Leben im Winter ruht, deren Stämme also gewissermaassen nicht so lange gelebt haben, wie die der während des ganzen Jahres regen Tiere, können sich nicht so schnell fortbilden, wie diese, und deshalb ist es nicht zu verwundern, dass die kaltblütigen Landtiere warmer Länder im grossen und ganzen auf höherer Entwickelungsstufe stehen, als die kalter, und es ist beachtenswert, dass sich diejenigen Säugetiere des Nordens, welche Winterschlaf halten, in dieser Beziehung den Kaltblütern anschliessen. Dagegen stehen die übrigen Säugetiere und Vögel des Nordens durchschnittlich auf höherer Entwickelungsstufe, als die des Südens.

Die jetzt lebenden und in jüngster geologischer Zeit ausgestorbenen Säuger, deren geographische Verbreitung wir mit Rücksicht auf unser Thema etwas näher ins Auge fassen wollen, stufen sich nach der Entfernung ihrer Heimat von der grossen nordischen Landmasse, die durch Nordafrika, Europa und Sibirien dargestellt wird, in Bezug auf ihren Formenwert in ähnlicher Weise ab, wie die ausgestorbenen Säugetiere es nach dem Alter der Erdschichten thun. Auf der tiefsten Entwickelungsstufe stehen die Säugetiere Australiens. Hier finden wir, abgesehen von Tieren, die zu älterer oder neuerer Zeit durch den Menschen eingeführt worden sind, und von solchen, welche Australien fliegend, schwimmend oder auf Treibholz erreichen konnten, nur Beuteltiere und Ursäuger, von denen diese auf der tiefsten, jene auf der zweittiefsten Entwickelungsstufe der lebenden Säugetiere stehen. An Australien schliesst sich bezüglich der Entwickelungshöhe seiner Säuger Madagaskar, das neben Insektenfressern und Nagetieren, die beide auf tiefer Entwickelungsstufe stehen, nur niedere Raubtiere und Halbaffen hat, abgesehen von einer kleinen jetzt fossilen Flusspferdart, deren Angehörige Madagaskar wohl schwimmend erreicht haben. Affen und andere höhere Säugetiere giebt es erst in Afrika und Indien, Länder, die sich in Bezug auf die Entwickelungshöhe ihrer Säuger ziemlich die Wage halten. Die höchsten Säugetiere endlich finden wir bei richtiger Anstellung der Vergleiche, d. h. durch Vergleichung von Formen jeder natürlichen Gruppe untereinander, in der Region, die durch Nordafrika, Europa und Sibirien nebst etlichen Anhängseln gebildet wird. Wenden wir uns von hier nach Amerika und durchwandern wir diesen Erdteil von Norden nach Süden, so finden wir, dass sich sein nördlichstes Gebiet eng an Europa und Sibirien anschliesst, dass die Entwickelungshöhe der amerikanischen Säugetiere aber abnimmt, je weiter wir uns von dem Norden entfernen und gegen den Süden vordringen. In Südamerika finden wir z. B. viel mehr Beuteltierarten als in Nordamerika, das nur eine Art besitzt, und wo wir südamerikanische Säugetiere mit ihren nordischen Verwandten vergleichen können, finden wir, dass sie auf tieferer Entwickelungsstufe stehen.

Was von den Säugetieren gilt, hat im grossen und ganzen auch für die Vögel Gültigkeit. Die Vögel des Nordens sind im allgemeinen höher entwickelt, als die des Südens.

Es wird eine dankbare Aufgabe der Tiergeographie der Zukunft sein, die Tiere verschiedener Länder bezüglich ihrer Entwickelungshöhe sorgfältig zu vergleichen und dabei Rücksicht auf die entwickelungsmechanische Wissenschaft zu nehmen. Auch für die Pflanzengeographie mag es lohnend sein, sich mit einer entsprechenden Aufgabe zu befassen, obwohl die Pflanzen nicht ohne weiteres mit den Tieren verglichen werden können. Bezüglich der letzteren sei nur noch die merkwürdige Thatsache hervorgehoben, dass sich isoliert im System stehende Typen vorwiegend in südlichen Ländern finden. Als solche mögen genannt werden: die Brückenechse (Hatteria punctata) von Neuseeland, die einer bis auf diese letzte Art ausgestorbenen Reptilienordnung angehört; die Kiwis (Apteryx) und die Moas (Dinornis) der ebengenannten Insel, die sehr isolierte Formen von Hühnervögeln darzustellen scheinen; die Ameisenigel (Echidniden) und Schnabeltiere (Ornithorhynchus) Australiens, die den letzten Rest der Ursäuger bilden; die Fossa (Cryptoprocta ferox) Madagaskars, ein Raubtier, das in der Mitte zwischen Katzen und Viverren steht und die einzige lebende Art ihrer Gattung bildet, die beiden Straussarten (Struthio) Afrikas, die beiden Nanduarten (Rhea) Südamerikas. Diese Liste könnte noch leicht um ein Beträchtliches vermehrt werden; und wollten wir für sämtliche Tiere, die sehr isoliert im System stehen, die Heimatländer zusammenstellen, so würden wir wenigstens bei den Säugetieren und Vögeln finden, dass deren Mehrzahl, und zwar eine sehr beträchtliche, den südlichen Ländern angehört. Nun wissen wir von manchen Tieren, die unter den gegenwärtig lebenden eine sehr isolierte Stellung im System einnehmen, dass sie ausgestorbene Verwandte besitzen, mitunter sehr zahlreiche, und diese finden wir in vielen Fällen bei uns im Norden, woraus hervorgeht, dass der Süden der Erhaltung der betreffenden Tiere günstiger war als der Norden, dass also dieser beträchtlichere Umbildungen erlitten hat.

Die aufgezählten und andere Thatsachen der geographischen Verbreitung der Tiere liefern eine Vertrauen in unsere Ergebnisse erweckende Bestätigung der wichtigen Folgerung, zu der wir in diesem Abschnitt gelangt sind: Die stammesgeschichtliche Umbildung der Organismen kann als stammerhaltende nur eine fortschrittliche sein, beruhend auf Gefügefestigung und Erhöhung des Formenwertes. Daraus folgt, dass alle Organismen von wahrscheinlich durch Urzeugung aus dem Unorganischen entstandenen einfachsten Vorfahren abstammen müssen, und zwar von Vorfahren, deren Organisation eine stammerhaltende Änderung nur in fortschrittlicher Richtung gestattete.

Die Umbildung der Organismenformen in bestimmter Richtung spielt in den Entwickelungstheorieen Nägelis und Eimers die Hauptrolle.

Nägeli ist zu dem Schluss gelangt, dass sich sein „Idioplasma" (vergl. S. 175) im Laufe der phylogenetischen Entwickelung notwendigerweise auf Grund seiner Konfiguration von innen heraus verändern muss, ohne Einwirkung von aussen, welch letzterer er nur eine untergeordnete Bedeutung zuschreibt. Die Veränderungen, die das Idioplasma im Laufe der Stammesgeschichte erfahren haben soll, denkt er sich in folgender Weise: Er nimmt an, dass die Micelle, welche die Idioplasmastränge zusammensetzen, von Wasserhüllen umgeben sind, dass sich in dem Wasser, das solchergestalt das Idioplasma durchdringt, gelöste Stoffe befinden, aus denen die Micelle gewissermaassen herauskrystallisieren. In einem Idioplasmastrang von bestimmtem Bau soll dadurch, dass sich zwischen den vorhandenen Micellen neue Micelle bilden, wodurch die älteren Micelle natürlich auseinander gedrängt werden müssen, eine Störung des ursprünglichen Baues, also eine Veränderung eintreten, die nicht wieder ausgeglichen wird und bei fortgesetztem Wachstum der Micellstränge durch Einlagerung neuer Micelle zu immerwährender langsamer Umbildung des Idioplasma führen soll. Die Idioplasmastränge würden dadurch immer komplicierter, und auf diese Weise soll die Thatsache, dass die Organisationshöhe der Organismen in der stammesgeschichtlichen Entwickelung fortwährend zugenommen hat, zu erklären sein. Nägeli ist ein Gegner des Darwinismus. Er verwirft die Zuchtwahltheorie Darwins, erkennt aber an, dass Tier- und Pflanzenarten durch ihnen überlegene Arten vielfach verdrängt worden sind. Er nimmt also eine Auslese unter den eizelnen Arten an, nicht, wie Darwin es gethan hat, unter den Individuen; aber durch die Auswahl einzelner Arten gelangen nach Nägeli allerdings solche Arten zur Herrschaft, die besser als andere den Lebensbeeinflussungen entsprechen. Eine Züchtung findet dadurch aber nicht statt. Die Anpassung der Organismen erklärt Nägeli anders, als es Darwin gethan hat. Nach Nägeli sind es die Reize der Umgebung, die entsprechende Verlagerungen in den Idioplasmasträngen bewirken und dadurch zu Anpassungen an die Umgebung führen. Nägeli ist also ein Anhänger der Lehre von der Vererbung erworbener Eigenschaften. Er unterscheidet solche Eigenschaften, die den Organismen zum Zwecke ihrer Lebensführung dienen, und andere, welche die Organisationshöhe betreffen. Er unterscheidet also die Höhe der Organisation von der Anpassung und lässt die erstere durch die geschilderten stammesgeschichtlichen Veränderungen im Querschnitt der Idioplasmastränge zustande kommen, die letztere aber durch direkte Einwirkung der Umgebung. Diesen Einfluss der Umgebung stellt sich Nägeli in eigener Weise vor. Er erklärt z. B. die Thatsache, dass manche Tiere ihrer Umgebung ähneln, und die, dass es Tierarten giebt, die andere Tierarten täuschend nachahmen, auf dem Wege einer direkte Bewirkung. Es giebt Schmetterlinge, die durch auffällige Farben ausgezeichnet und durch einen widrigen Geruch und Geschmack vor den Angriffen der Feinde geschützt sind, und andere, die zwar eine annehmbare Speise für Vögel und andere Tiere liefern würden, aber jene geschützten Arten in der Färbung und Zeichnung gewissermaassen nachahmen und, da sie an denselben Örtlichkeiten, wie die geschützten Arten, vorkommen, für diesen zugehörig gehalten und deshalb von schmetterlingsfressenden Tieren verschont werden. Nägeli meint nun, dass es die Furcht ist oder vielmehr ein durch die Furcht und durch das Bestreben, den Feinden zu entgehen, auf den Organismus ausgeübter Reiz, der bei den nichtgeschützten Arten zu einer Nachahmung der Zeichnung und Färbung geschützter Arten geführt hat.

Eimer (vergl. insbesondere „Die Entstehung der Arten", Jena 1888) ist durch das Studium der Färbungs- und Zeichnungsverhältnisse der Eidechsen, Säugetiere,

Vögel und Schmetterlinge zu dem Ergebnis gelangt, dass die Verteilung der Farben auf der Oberfläche des Körpers, das Muster, das die Farben hier bilden, von keiner oder nur ganz untergeordneter Bedeutung für das Wohlergehen der betreffenden Tiere ist, sondern dass es im wesentlichen den Ausdruck von Wachstumsgesetzen darstellt, die den Organismus beherrschen. Gesetzmässiges, „organisches" Wachsen, wie Eimer es nennt, beherrscht nicht nur die Keimesentwickelung der Tiere und Pflanzen, sondern auch die Stammesentwickelung. Die Organismen wachsen gewissermaassen im Laufe der Zeiten über das ererbte Maass hinaus, nicht bloss der Grösse nach, sondern auch in Bezug auf die Wachstumsverteilung, die im Laufe der Zeit allmählich eine andere wird. Hierbei kommt ein völlig gesetzmässiges Verhalten des organischen Wachsens zum Ausdruck, insofern nämlich, als das Wachsen vorwiegend in bestimmten Richtungen erfolgt. Eine Konsequenz dieser Anschauung ist, dass die einzelnen Teile des Körpers nicht unabhängig voneinander variieren, sondern dass der ganze Körper von einer Korrelation der Teile beherrscht wird. Diese hängen alle voneinander ab und müssen sich eben deswegen in gesetzmässiger Weise nach festen Normen weiterbilden. Eimer glaubt auch nicht ohne die Annahme einer Vererbung von erworbenen Eigenschaften auskommen zu können.

Man könnte versucht sein, anzunehmen, dass in den Theorieen Nägelis und Eimers das Princip eines vitalistischen Bildungstriebes stecke. Das ist aber nicht der Fall. Solcher Bildungstrieb spielt dagegen eine Rolle in etlichen älteren Lehren.

Schon Blumenbach suchte den Process der Keimentwickelung durch die Annahme eines „Nisus formativus", eines Bildungstriebes, begreiflich zu machen. Dieser sollte die ungeformten Zeugungsstoffe in eine bestimmte Form hineinzwängen, und er ist nach Blumenbach auch das, was die Regeneration, die Wiedererzeugung verloren gegangener Körperteile, bewirkt.

Mit den Anschauungen Blumenbachs verwandt sind die, die Goethe über die in der organischen Natur wirksamen Kräfte ausgesprochen hat. Neben einem inneren nahm er indessen auch einen äusseren Bildungstrieb an, und dieser arbeitet nach ihm jenem entgegen. Die so auffällige Anpassung der Organismen an ihre Umgebung suchte er durch die Annahme des äusseren Bildungstriebes zu erklären, nach Maassgabe jedoch der dem Organismus durch den inneren Bildungstrieb vorgeschriebenen Formensphäre.

In neuerer Zeit sind Karl Ernst von Baer und Snell für einen Bildungstrieb eingetreten. Baer nennt ihn „Zielstrebigkeit".

Snell war ein Anhänger der Abstammungslehre. Aber für seine Lehre vom „Grundstamme" war das Bestreben maassgebend, den Menschen, der, wenn die Abstammungslehre richtig ist, von niederen Tieren abstammen muss, möglichst von der Gemeinschaft mit den Tieren zu lösen. Snells Gedankengang war der folgende: Er sagt: Alle jene ausgestorbenen Tiere, die in der direkten Vorfahrenlinie des Menschen liegen, besassen die Fähigkeit, sich im Laufe der Stammesgeschichte zu Menschen zu entwickeln. Bei den übrigen Tieren dagegen, nämlich bei denen, die es nicht zur Entwickelung von Menschen gebracht haben, sondern andere Tiere aus sich hervorgehen liessen, war nicht die Fähigkeit vorhanden, sich zu Menschen umzubilden; sie war verloren gegangen. Auf diese Weise wird die Unterscheidung eines Grundstammes der Schöpfung und seiner Seitenzweige ermöglicht. Wenn man sich den genealogischen Zusammenhang des gesamten Tierreichs mit Einschluss des Menschen in Form eines Stammbaumes vorstellt, so liegen in dem Hauptstamme des letzteren, der oben in eine Spitze, den Menschen nämlich, ausläuft, die direkten Vorfahren des Menschen, und diese Ahnenreihe bildet den Snellschen Grundstamm. Was sich aber von diesem Grundstamme abgezweigt hat, kann nicht mehr zu

Menschen werden und bildet die Äste und Zweige des Stammbaumes. Dem Grundstamme war stets die Fähigkeit, endlich Menschen zu bilden, gewahrt geblieben. Sobald sich aber eine Tiergruppe vom Grundstamme entfernte, ging diese Fähigkeit verloren, und zwar soll sie deshalb verloren gegangen sein, weil die betreffenden Tiere, wie Snell sich ausdrückt, mit den beschränkten Verhältnissen der Aussenwelt zufrieden waren, sich an sie anpassten, sich wohnlich in ihrer Umgebung einrichteten. Dagegen waren die dem Grundstamme angehörigen Geschöpfe von einem dunklen Drange zu weiterer Vervollkommnung beseelt, und dieser hinderte sie daran, sich in der beschränkten Aussenwelt heimisch zu fühlen. Sie folgten dem Drange zur Vollendung, und so entstand im Laufe der Zeiten der Mensch.

3. Die Stammverwandtschaft.

Vergleiche zwischen Organismus und Krystall waren uns wiederholt von Nutzen. Ein letzter wird dazu dienen, die wichtige und keineswegs genügend gewürdigte Frage, womit sich der vorliegende Abschnitt beschäftigen soll, einzuleiten, die Frage nämlich, ob die Formverwandtschaft der Organismen, d. h. ihre Typenähnlichkeit, auf Bluts- oder, besser, Stammverwandtschaft beruhte oder nicht, ob also typisch gleiche oder ähnliche Organismen, deren Stammverwandtschaft sich nicht ohne weiteres nachweisen lässt, von typisch gleichen oder gar identischen Ahnen abstammen oder nicht.

Von Krystallen einer und derselben Art kann man nicht sagen, dass sie alle gemeinsamen Ursprungs seien im Sinne stammverwandter Organismen, was bei ihnen nur bedeuten könnte, dass sie sich alle aus einer und derselben Mutterlauge abgeschieden hätten. Zu einer Species, etwa zu einer Mineralart, gehörige Krystalle können sich vielmehr an sehr verschiedenen Stellen der Erde und wohl auch auf sehr verschiedenen Himmelskörpern bilden. Bei ihnen kann man deshalb nur von einer idealen Verwandtschaft, nur von einer Form-, Struktur- und Substanzverwandtschaft sprechen. Da nun auch der Organismus in letzter Linie lediglich denselben Naturgesetzen gehorcht, wie der Krystall, so liegt die merkwürdigerweise sehr selten gestellte Frage nahe, ob nicht Organismen einer und derselben Art völlig verschiedenen Ursprungs, also nicht bluts- oder stammverwandt, sein können.

Um uns mit der aufgeworfenen Frage zu beschäftigen, ist es notwendig, dass wir uns zunächst über einige wichtige Begriffe verständigen. Man könnte nämlich entweder die Hypothese aufstellen, dass formverwandte Organismen monotypischen Ursprungs, d. h., dass sie alle ihrer Abstammung nach auf eine Organismenart, auf einen Speciestypus, zurückzuführen seien, oder dass sie von ebensoviel verschiedenen, wenn auch vielleicht ebenfalls formverwandten Typen abstammen, wie ihre Artenzahl beträgt, in welch letzterem Falle sie polytypischen Ursprungs sein würden. Im Falle polytypischer Abstammung würde ihr Ursprung auch ein polyphyletischer oder vielstämmiger sein. Denn wenn alle

heute lebenden Arttypen der Organismen von ebensovielen durch Urzeugung entstandenen Arttypen der Vorwelt abstammen, kann nur von einem vielstämmigen Ursprung die Rede sein; es giebt dann ebensoviele nicht stammverwandte Organismenstämme, wie die Summe der lebenden und derjenigen ausgestorbenen Organismenarten ausmacht, von denen keine gegenwärtig lebenden Arten abstammen, vorausgesetzt, dass sich unter den jetzt existierenden Species keine Stammarten anderer lebender Species befinden. Organismen von monotypischer Abstammung können dagegen ebensowohl einstämmigen oder monophyletischen, als auch vielstämmigen oder polyphyletischen Ursprungs sein, denn aus den Angehörigen einer Organismenart, die auf verschiedene voneinander getrennte Länder oder Gewässer der Erde verteilt sind, können in jedem Wohngebiete Organismen einer und derselben neuen Art abstammen, deren Ursprung also zwar ein monotypischer, aber nicht ein monophyletischer sein würde. Man könnte annehmen, dass sich sämtliche heute auf der Erde durch lebende Individuen vertretenen sowie alle ausgestorbenen Organismenarten aus einem einzigen einfachsten Urtypus entwickelt hätten, aber gleichwohl nicht einstämmigen, sondern vielstämmigen Ursprungs wären, aber man könnte auch den polyphyletischen Ursprung verwerfen und den monophyletischen annehmen. Man hat also zwischen monotypischem und monophyletischem, polytypischem und polyphyletischem Ursprung scharf zu unterscheiden. Organismen polytypischen Ursprungs können zwar nur polyphyletischer Abstammung sein, dagegen können sich Arten, die man auf einen einzigen Urtypus zurückführt, immer noch polyphyletisch entwickelt haben, eine Möglichkeit, die man in den allermeisten Fällen ausser acht lässt, indem man annimmt, dass Species mit monotypischer Vorfahrenschaft auch monophyletischen Ursprungs seien.

Wir wollen zunächst untersuchen, ob bei der Annahme monotypischer Abstammung formverwandter Organismenarten einstämmiger oder vielstämmiger Ursprung wahrscheinlicher ist.

Wer das äusserste Extrem monophyletischer Abstammung annehmen wollte, müsste sagen: Die Individuen sämtlicher Organismenarten, die gegenwärtig auf der Erde existieren und früher auf ihr vertreten waren, stammen von einem einzigen Urindividuum ab. Desgleichen leiten sich alle Angehörigen einer Art, bezw. einer Gattung, Familie, Ordnung, Klasse oder eines Kreises ebenfalls von einem einzigen Urindividuum, oder wenigstens von einem einzigen Stammpärchen her. Auf solchen extremen Standpunkt wird sich aber wohl kein Anhänger der Abstammungslehre stellen wollen; es spräche auch zuviel dagegen. Wir brauchen nur an einige leicht zu beobachtende Fälle zu denken, um das Unwahrscheinliche einer derartigen Hypothese zu empfinden. Eine weit bei uns verbreitete Pflanze z. B., das Hainwindröschen (Ane-

mone nemorosa), dessen Blüte in der Regel weiss ist, kommt nicht selten auch mit Blüten von violettroter Farbe vor, und zwar an den verschiedensten Fundorten der Art. Da man annehmen muss, dass die Exemplare mit violettroter Blüte von weissblütigen abstammen, so muss man auch zugeben, dass solches an den verschiedensten Fundorten des Hainwindröschens möglich ist, und dass die violettrotblütigen Individuen nicht alle von einem einzigen Exemplare mit violettroter Blüte abstammen, sondern dass sich der Typus dieser Varietät vielstämmig aus dem Typus der weissblütigen Stammart entwickelt hat. Wollte man aber umgekehrt annehmen, dass die weissblütigen Stücke des Hainwindröschens von Pflanzen mit violettroter Blüte abstammen, so würde es wiederum höchst unwahrscheinlich sein, dass alle heute über die verschiedensten Gegenden verbreiteten weissblütigen Exemplare der Art nur von einem einzigen weissblütigen Urindividuum abstammen. Aber man könnte immer noch fragen, ob man einen polytopen oder vielörtlichen oder nicht vielmehr einen monotopen oder einörtlichen Ursprung der Individuen einer Organismenart annehmen müsse, d. h., ob es gestattet sei, die stammesgeschichtliche Entwickelung der Individuen eines Typus in verschiedenen völlig voneinander getrennten Verbreitungsgebieten vor sich gehen zu lassen, oder ob man nicht vielmehr genötigt sei, die Urheimat einer Art in ein und dasselbe Verbreitungsgebiet zu verlegen, wenn man auch im letzteren Falle annehmen wolle, dass sich die Entwickelung der Art in den verschiedenen Gegenden dieses Wohngebietes gleichzeitig und an verschiedenen Punkten unabhängig von der an anderen Punkten erfolgten stammesgeschichtlichen Umbildung ihrer Stammart vollzogen habe.

Man wird im allgemeinen wohl mehr zu der Annahme eines monotopen Ursprungs geneigt sein. Allein es liegt durchaus kein Grund vor, anzunehmen, dass die Individuen einer Organismenart, die heute auf verschiedene weit voneinander entlegene Wohngebiete verteilt sind, nicht getrennten Ursprungs seien. Solche Organismenarten giebt es in grösserer Anzahl. Wir wollen nur wenige Beispiele nennen: Ein bekannter Fisch, der Sprott (Clupea sprattus), kommt sowohl in unseren nordischen Meeren als auch bei Tasmanien vor. Ein kleiner Süsswasserfisch, Galaxias attenuatus, bewohnt den südlichen Teil von Südamerika, die Falklandinseln, Tasmanien und Neuseeland. Andere Süsswasserfische leben sowohl in Europa als auch im gemässigten Teile des östlichen Nordamerikas, so der Barsch (Perca fluviatilis), der Zwergstichling (Gasterosteus pungitius), die Quappe (Lota vulgaris), der Lachs (Salmo salar), der Hecht (Esox lucius), der Stör (Acipenser sturio). Lates calcarifer, ein Süsswasserfisch Indiens, findet sich auch in Australien. Von Pflanzenarten mit diskontinuierlicher Verbreitung seien etliche Riedgräser (Carex) genannt: C. canescens, die in nördlichen Gebieten

und auf den Alpen Europas, den Gebirgen Asiens und Amerikas und im aussertropischen Südamerika verbreitet ist, kommt auch auf Bergen der Kolonie Viktoria in Australien vor. Ebendort findet sich C. echinata, die im übrigen in der nördlichen Hemisphäre weit verbreitet ist. Diese beherbergt auch C. paniculata, die auch in Australien und Neuseeland gefunden wurde. Carex vulgaris, ein häufiges Riedgras der nördlichen gemässigten Zone, bewohnt auch Australien, Tasmanien und Neuseeland. Nordamerika, Europa, Nordasien und Australien beherbergen C. acuta. Der nördlichen Hemisphäre und Tasmanien gemeinsam ist C. flava. Alpenwiesen Viktorias bewohnt C. buxbaumi, die sonst der nördlichen Erdhälfte angehört. Carex pseudocyperus endlich, die gleichfalls hier heimisch ist, wurde auch in Australien und Tasmanien entdeckt. Die dort wachsenden Exemplare haben zwar längere und länger bespitzte Spelzen als die nördlichen, aber ebensolche Stücke sind auch bei Salzburg gefunden worden.

Wenn die Individuen der genannten Organismenarten in verschiedenen voneinander getrennten Gegenden zu gedeihen vermögen, so ist nicht einzusehen, weshalb das nicht auch bei ihren Vorfahren der Fall gewesen sein soll. Es ist also durchaus nicht unwahrscheinlich, dass solche Organismenarten polytopen und demgemäss polyphyletischen Ursprungs sind. Vielstämmige Herkunft der Individuen einer Organismenart muss also als sehr wohl möglich, wenn nicht als wahrscheinlich, erklärt werden, womit freilich die Frage, ob auch polytypischer Ursprung angenommen werden dürfe, nicht erledigt ist.

Für monotypischen Ursprung würde die sicher festgestellte Thatsache sprechen, dass aus Furchungs- und Embryonalzellen, wie wir gesehen haben, Zellen verschiedener specifischer Gewebearten hervorgehen können. Zu seinen Gunsten lassen sich auch die Thatsachen des Generationswechsels und des Polymorphismus heranziehen. Indessen ist hierbei zu betonen, dass sie und andere hierher gehörige Fakta doch nur höchstens auf eine beschränkte Anzahl von Umbildungsmöglichkeiten schliessen lassen, es wenigstens nicht wahrscheinlich machen, dass deren Anzahl eine sehr grosse ist.

Aber — könnte man sagen — die Organismen sind ausserordentlich variabel, kein Individuum irgend einer Organismenart gleicht auch nur einem einzigen anderen Stücke derselben Art, und das macht es wahrscheinlich, dass von einer Organismenart neue unter sich sehr verschiedene Stämme von Nachkommen ausgehen können, dass also die Annahme monotypischen Ursprungs das Richtige trifft. Wir müssen uns jedoch früherer von uns gewonnener Ergebnisse erinnern. Wir fanden, dass stammerhaltende Umbildung der Organismen wahrscheinlich nicht auf individueller Variabilität beruht, und gelangen demnach zu dem Resultat, dass diese nicht für monotypischen Ursprung spricht.

Vielleicht kommen wir unserm Problem dadurch näher, dass wir zunächst einmal fragen, ob zwei oder mehrere Organismenarten zu einer einzigen verschmelzen können. Zur Beantwortung dieser Frage könnten wir in erster Linie an die Flechten denken, die ja aus einer Art Verschmelzung von Pilzen und Algen hervorgegangen sind und somit Stämme mit mehreren Wurzeln darstellen, aus deren Vorhandensein man schliessen könnte, dass es auch Stämme mit mehreren Zweigen gebe. Jede Flechtenart hat aber nur zwei Wurzeln, den ihr eigenen Pilz und die betreffende Alge, aus deren Verschmelzung die Art hervorgegangen ist, und diese beiden Wurzeln können immerhin die Spitzen von unverzweigten Vorfahrenstämmen sein, ganz abgesehen davon, dass es sich bei den Flechten gar nicht um eine wirkliche Verschmelzung, sondern nur um ein Zusammenleben, um eine sogenannte Symbiose, von Pilz und Alge handelt. Dagegen könnte man manche Blendlinge verschiedener Rassen von Haustier- und Kulturpflanzenarten heranziehen und sagen, in ihnen wären verschiedene Stämme zu einer wirklichen Verschmelzung gelangt, sie stellten vielwurzelige Stämme dar, und ebenso gut könnte es auch vielzweigige Stämme geben, weshalb monotypischer Ursprung verschiedener Organismenarten wahrscheinlich sei, sofern es sich wenigstens um formverwandte Arten handle. Aber die Rassen einer Kulturorganismenart sind Abkömmlinge einer und derselben wilden Art, weshalb es kein Wunder nehmen kann, dass sie auch leicht wieder zu einer einzigen Art verschmelzen können. Und dann haben wir gesehen, dass es sich dabei doch nur um eine scheinbare Verschmelzung handelt. Denn die Kreuzungsprodukte verschiedener Rassen einer Art erweisen sich bei der Zucht als nicht formbeständig; in ihren Nachkommen fällt das, was man durch die Kreuzung zusammengebracht hat, leicht wieder auseinander, sodass man annehmen kann, es handle sich bei den Rassen der Kulturorganismen nur gewissermaassen um die Komponenten einer einzigen Art, die auf dem Wege der Kultur in diese Komponenten zerlegt worden sei. Auch die Bastarte sprechen nicht für die Verschmelzbarkeit verschiedener Organismenarten zu einer einzigen; sie sind, wenn auch mitunter, so doch in den meisten Fällen nicht, fruchtbar, und wenn sie es sind, so sind auch sie unbeständig bei der Weiterzucht. Seit vielen Jahrzehnten werden in Frankreich die sogenannten Leporiden gezüchtet, Bastarte, die aus der Kreuzung von Hase (Lepus vulgaris) und Kaninchen (L. cuniculus) hervorgegangen sind. Sie sind durchaus fortpflanzungsfähig, aber zu einer formbeständigen Leporidenart ist es bis jetzt noch nicht gekommen, weshalb der für sie vorgeschlagene Name Lepus darwini zu Unrecht besteht. Auch die Nachkommen der verschiedensten Hunderassen sind miteinander fruchtbar, und es ist möglich, dass die Rassen des Haushundes von

verschiedenen Wildhundarten abstammen. Aber schliesslich würden uns auch die Mischlinge von Hunderassen, die von verschiedenen Wildhundarten abstammen, nichts anderes lehren können, als dass ein Bildungsmaterial, das man durch Kreuzung mit dem Bildungsmaterial einer anderen Art in einem und demselben Organismus vereinigt hat, höchstens von diesem Bildungsmaterial beeinflusst werden kann, nicht, dass eine wirkliche Amalgamierung verschiedenartiger Bildungsmaterialien möglich ist, für die wenigstens die Thatsachen keinen Anhalt geben. Denn auch die Blendlinge verschiedener Hunderassen sind nicht erbbeständig. Die Thatsachen sprechen nach alledem im grossen und ganzen gegen die Möglichkeit einer Vielwurzeligkeit einer erbbeständigen Organismenform. Aus ihnen können wir nichts zu Gunsten eines monotypischen Ursprungs verschiedener Organismenarten schliessen.

Es ist aber der Einwand möglich, dass es Thatsachen gäbe, die monotypischen Ursprung verschiedener Organismenarten direkt bezeugten, und man könnte in erster Linie die Rassen zahlreicher Haustier- und Kulturpflanzenarten nennen, jener Arten nämlich, deren Rassen nachweislich monotypischen Ursprunges sind. Aber wir haben uns der Thatsache des Mischungsrückschlages zu erinnern, und des Umstandes, dass sich Rassen von Haustieren und Kulturpflanzen durch Verwilderung in die wilde Stammform zurückbilden. Ausserdem haben wir zu bedenken, dass wohl alle Kulturorganismen bis zu einem gewissen Grade entartet, dass ihre Formen in der freien Natur nicht erhaltungsmässig sind, dass sie also auch nicht dazu dienen können, uns über die Entstehung stammerhaltender freilebender Organismenformen zu belehren.

Schliesslich könnte man die Thatsachen der geographischen Verbreitung zu Gunsten der Annahme eines monotypischen Ursprunges verschiedener Organismenarten heranziehen wollen. Die Tiergeographie lehrt uns, dass nächstformverwandte Arten sehr häufig, wenn auch keineswegs immer, benachbarte Gebiete bewohnen. So lebt bei uns in Deutschland die Sumpfmeise (Parus fruticeti), während eine nahe Formverwandte von ihr, die Alpensumpfmeise (P. alpestris), wie ihr Name sagt, die Alpen, und eine andere, die nordische Sumpfmeise (P. palustris) Skandinavien bewohnt. Die Nachtigall (Erithacus luscinia) ist ein West-, der ihr nahe formverwandte Sprosser (E. philomela) ein Osteuropäer. Letzteres gilt auch von dem grossen Gimpel (Pyrrhula pyrrhula), während sein nächster Verwandter, der Dompfaff (P. europaea), in Westeuropa vorkommt. Innerhalb Deutschlands findet sich die weissköpfige Schwanzmeise (Acredula caudata) mehr im Osten, die Rosenmeise (Acredula rosea), die ihr sehr nahe verwandt ist, mehr im Westen. Ähnlich verteilen sich zwei andere deutsche Vögel, die einander in Bezug auf Formverwandtschaft sehr nahe stehen, die Nebel-

krähe (Corvus cornix) und die Rabenkrähe (C. corone). Jene brütet östlich, diese westlich von der Elbe. So liesse sich noch eine ausserordentlich grosse Anzahl von nächstformverwandten Arten aufführen, die benachbarte Wohngebiete inne haben. Und wenn es auch anderseits viele Arten giebt, die zwar nächstformverwandt sind, aber weit voneinander getrennte Gebiete bewohnen, und wenn es selbst vorkommt, dass, wie wir gesehen haben, Individuen einer und derselben Art auf weit voneinander getrennte Verbreitungsgebiete verteilt sind, so lässt sich doch nicht leugnen, dass die Thatsache der häufigen Nachbarschaft der Wohngebiete nächstformverwandter Arten sehr zu Gunsten der Annahme monotypischer Abstammung verschiedener Organismenarten zu sprechen scheint. Man kann sich nämlich leicht vorstellen, dass z. B. die genannten Sumpfmeisenarten einen gemeinsamen Vorfahren in Europa gehabt haben, dessen Nachkommen sich in Skandinavien, in Mitteleuropa und auf den Alpen zu drei verschiedenen Arten entwickelten. Und entsprechendes gilt für die anderen aufgezählten sowie für alle übrigen einschlägigen Fälle.

Indessen giebt es andere Thatsachen der geographischen Verbreitung, die uns zögern lassen, in solchen Fällen, wie die genannten und die ihnen entsprechenden nicht aufgezählten, eine monotypische Abstammung anzunehmen. Eine solche bietet uns die merkwürdige geographische Verbreitung zweier Fischfamilien, die der Lungenfische (Lepidosirenidae) und der Knochenzüngler (Osteoglossidae). Im tropischen Amerika finden wir einen Lungenfisch, Lepidosiren paradoxa, und ebendaselbst zwei Knochenzüngler, Osteoglossum bicirrhosum und Arapaima gigas. Das tropische Australien beherbergt zwei Lungenfische, Ceratodus forsteri und C. miolepis, und einen Knochenzüngler, Osteoglossum leichardti. Im tropischen Afrika lebt der letzte bekannte Lungenfisch, Protopterus annectens, und ein weiterer Knochenzüngler, Heterotis niloticus. Diese Übereinstimmung in der geographischen Verbreitung von Arten zweier Familien, die absolut nichts miteinander zu thun haben, hat sogar zu der Vermutung geführt, dass sich auf den Inseln Sumatra und Borneo, wo der letzte bekannte Knochenzüngler, Osteoglossum formosum, lebt, auch noch ein bis jetzt unentdeckter Lungenfisch finden werde. Die Lungenfische bewohnen nicht nur dieselben Gebiete, sondern sogar dieselben Flusssysteme, wie die Knochenzüngler, und wenn sich dies auch zum Teil aus einer Ähnlichkeit ihrer Gewohnheiten begreifen lässt, so ist doch bereits von andern betont worden, dass die überraschende Identität der Wohngebiete der Lungenfische mit denen der Knochenzüngler nur dadurch verständlich werde, dass man annehme, die Knochenzüngler seien gleich den Lungenfischen eine sehr alte Fischgruppe, und dass beide Gruppen schon seit der Tertiärzeit Ortsgenossen gewesen seien. Sind wir aber

gezwungen, in diesem Falle eine derartige Annahme zu machen, so kann uns niemand hindern, eine entsprechende Annahme auch für nächstformverwandte Arten, deren Wohngebiete benachbart sind, zu treffen; denn wenn sich die Lungenfische und die Knochenzüngler nur in den genannten Gegenden halten konnten und diese schon seit langer Zeit bewohnten, so lässt sich auch von benachbarten nächstformverwandten Arten ähnliches sagen. Die von den Lungenfischen und Knochenzünglern bewohnten Gegenden sind geeignet gewesen, diese beiden Fischfamilien auf uns überkommen zu lassen. Und so können wir auch sagen, dass z. B. nur Neuguinea und dessen Nachbarschaft die Bedingungen zur Erhaltung der echten Paradiesvögel, die sich nur dort finden, erfüllten, dass sich die Stämme der Kiwis (Apteryx) nur in Neuseeland, wo es vier Arten dieser Vögel giebt, die der Gabeltiere (Monotremata) nur in Australien und seiner nächsten Nachbarschaft, die der Gibbons (Hylobates) nur in Südostasien und den benachbarten Inseln des malayischen Archipels, die der Kreuzschnäbel (Loxia) nur in den nördlichen Gebieten der Erde halten konnten, kurz, dass jede Gruppe formverwandter Organismenarten, die wir heute auf begrenztem zusammenhängendem Wohngebiete finden, nicht deshalb hier vorkommt, weil hier ein gemeinsamer Stammvater lebte, von dem alle Arten der Gruppe abstammen, sondern dass die Arten einer Gruppe formverwandter Organismen, deren Wohngebiete benachbart sind, nur deshalb diese geographische Verbreitung besitzen, weil sich ihre Vorfahren, ob wohl nicht stammverwandt, nur in der betreffenden Gegend halten konnten.

Es steht nämlich nichts der Annahme entgegen, dass die Vorfahren der heute lebenden Organismenarten einst viel weiter über die Erde verbreitet gewesen seien, als ihre Nachkommen es heute sind, und dass die heutige Verteilung der Organismenarten dadurch zustande gekommen sei, dass die einzelnen Wohngebiete eine Art Aussiebung mit den sie bewohnenden Organismenarten vorgenommen hätten. Nehmen wir z. B. an, dass die gegenwärtig lebenden Säugetierarten alle getrennten Ursprungs, und dass nicht einmal die Arten einer Gattung stammverwandt seien, dass aber ihre Vorfahren einander ebenso ähnlich, wie sie, und einst in gleichmässiger Mischung über die Länder der Erde verteilt gewesen wären, so können wir uns etwa die Säugetierfauna Australiens auf folgende Weise zustande gekommen denken: In der Sekundärzeit, wollen wir annehmen, lebten in Australien Säugetiere, woraus Affen, andere, woraus Hirsche, noch andere, woraus Hunde, und weiterhin andere und andere, woraus Katzen, Hasen, Rinder, Kamele, Marder, Bären auf dem Wege der stammesgeschichtlichen Entwickelung hätten werden können, falls ihre Nachkommen nur die nötigen Entwickelungsbedingungen erfüllt gefunden hätten. Zu jener Zeit standen die Vertreter der genannten

Säugetierstämme etwa auf der Entwickelungsstufe, auf der sich die eierlegenden Säugetiere Australiens heute befinden, und zu eben dieser Zeit trennte sich Australien von der übrigen Erde, sodass es von dort keine Zuzügler aus der Säugetierklasse erhalten konnte. Nun aber erfüllte Australien nur die Bedingungen zu der Entstehung derjenigen einheimischen Säugetierarten, die heute dort leben. Deshalb blieben die Stämme dieser Arten in Australien erhalten, während die übrigen Stämme aussterben mussten, weil ihre Angehörigen weder die Bedingungen zur stammesgeschichtlichen Umbildung, noch auch die zu einem Verharren auf der Entwickelungsstufe, auf der sie sich zur Sekundärzeit befanden, erfüllt trafen. Australien konnte aber wegen seiner seit dieser Zeit bestehenden Trennung von der übrigen Erde keine auf höherer Entwickelungsstufe stehenden Einwanderer aus der Säugetierklasse erhalten. So würde sich die gegenwärtige Zusammensetzung seiner Säugetierfauna erklären. Wir haben ja gesehen, dass stammesgeschichtliche Umbildung der Formen an Erfüllung von Bedingungen geknüpft ist, die für jede andere sind. Und deshalb ist es sehr wohl zu begreifen, dass die Vertreter der Organismenstämme, die zu einer Zeit, als die Erde noch ein gleichmässigeres Klima hatte, weit und in bunter Mischung über die Erde verbreitet waren, infolge der hier so und dort anders gearteten Veränderungen der Klimate verschiedener Länder und durch sonstige erdgeschichtliche Vorgänge in dem einen Wohngebiete in dieser, in dem anderen in jener Weise ausgesiebt wurden, d. h. dass hier diese und dort andere Organismenstämme ausstarben. Jedes Wohngebiet, das sich geographisch und klimatisch in eigenartiger Weise entwickelt, lässt sich demgemäss mit einem Siebe vergleichen, das nur gewisse Körnerarten durchlässt, andere aber nicht.

Dass aber eine Art Aussiebung der Faunen und Floren verschiedener Gebiete im Laufe der Erdgeschichte stattgefunden hat, lässt sich auf Grund bekannter Thatsachen nicht bezweifeln. So waren die Beuteltiere, die Halbaffen, die Lungenfische und viele andere Tier-, ebenso wie viele Pflanzengruppen, einst viel weiter über die Erde verbreitet als gegenwärtig, und man kann nicht annehmen, dass sich alle früher einmal weit verbreiteten Organismenstämme erhalten hätten; wir wissen sogar bestimmt, dass viele ausgestorben sind. Nach alledem bietet uns die geographische Verbreitung der Organismen keine Thatsachen, auf Grund deren wir behaupten dürfen, dass formverwandte Organismenarten monotypischen Ursprunges seien.

Es giebt aber Thatsachen, die für polytypischen Ursprung sprechen. Von diesen seien wenigstens zwei angeführt.

Wir haben schon früher gesehen, dass die meisten Spechte vier Zehen haben, wovon zwei nach vorn und zwei nach hinten gerichtet sind. Nimmt man für die Spechte monotypischen Ursprung an, dann muss

ihr gemeinsamer Stammvater gleichfalls vier Zehen besessen haben. Es giebt aber eine ganze Reihe von nicht näher miteinander formverwandten Spechtgattungen (Chrysonotus, Gecinulus, Sasia, Picoides, bedingungsweise auch Dryobates), deren Arten sich alle oder zum Teil durch dreizehige Füsse auszeichnen. Die Dreizehigkeit dieser Spechte ist also polytypischen Ursprunges, und da wir wegen der Verkümmerung, die die eine, bei den dreizehigen Spechten bereits geschwundene, Hinterzehe bei sämtlichen Spechten zeigt, annehmen dürfen, dass die stammesgeschichtliche Entwickelung sämtlicher Spechte nach der Richtung der Dreizehigkeit hin weiter gehen wird, so würden wir nach der Erreichung der Dreizehigkeit in allen Gruppen der Spechte einen Fall vor uns haben, wo ein Körperglied, das ursprünglich bei sämtlichen Arten einer Gruppe formverwandter Organismen vorhanden war, bei vielen Arten der betreffenden Gruppe unabhängig geschwunden ist, wie es bei vielen der Spechte, die heute schon dreizehig sind, thatsächlich der Fall gewesen sein muss. Wenn nun die Dreizehigkeit dieser Spechte polytypischen Ursprunges ist, d. h. wenn die einzelnen Typen der dreizehigen Spechte von ebensovielen Typen vierzehiger Spechte abstammen, so ist nicht einzusehen, weshalb nicht auch alle anderen Eigentümlichkeiten, wodurch sich die Spechte vor anderen Vögeln auszeichnen, so die Einrichtung der Zunge und des Schnabels und die Beschaffenheit der Schwanzfedern, gleichfalls polytypischen Ursprunges sein sollen. Die eigentümliche Querstreifung des Gefieders, die wir bei vielen Spechtarten finden, und die roten Federn auf dem Kopfe, die manche Species der Spechte auszeichnen, werden sich bei genauerer Untersuchung wohl ebensowenig auf gemeinsame Vorfahren zurückführen lassen, wie die Dreizehigkeit der dreizehigen Spechte, und es spricht nichts dagegen, dass dasselbe für alle anderen Eigentümlichkeiten der Spechte gilt. Alle Arten heute lebender Spechte können sehr wohl von ebensovielen Arten von Nichtspechten abstammen, sodass jede gegenwärtig lebende Spechtart nur die Spitze eines unverzweigten Stammbaumes darstellt, dass es also ebensoviele Stammbäume von Spechten giebt, wie die Summe der gegenwärtig lebenden und der ohne Nachkommen ausgestorbenen Spechtarten ausmacht, vorausgesetzt, dass unter den heute lebenden Spechtarten keine vorhanden ist, die als eine Vorfahren- oder Nachkommenform einer anderen heute lebenden Spechtart betrachtet werden muss.

Ein Beispiel, ähnlich dem der Spechte, bieten uns unter den Pflanzen die röhrenblütigen Kompositen. Die Kompositen zerfallen in zwei Hauptabteilungen, in die der Zungenblüter und in die der Röhrenblüter, wovon uns hier nur die letzteren interessieren. Unter den Röhrenblütern können wir einerseits solche unterscheiden, deren Blütenköpfchen nur Röhrenblüten, und andere, bei denen die Blütenköpfchen

eine Scheibe von Röhrenblüten und einen diese Scheibe umgebenden Strahlenkranz von Lippenblüten tragen. Wir wollen die ersteren Scheibenblüter, die letzteren Strahlenblüter nennen. Nun giebt es Gattungen von Kompositen, wozu sowohl Scheibenblüter als auch Strahlenblüter gehören. Solche Gattungen sind z. B. die der Kamillen (Matricaria), unter denen die echte Kamille (M. chamomilla) ein Beispiel für einen Strahlenblüter, die strahllose Kamille (M. discoidea) dagegen, wie ihr Name sagt, ein solches für einen Scheibenblüter bildet. Ferner die Kreuzkräuter (Senecio), unter denen das gemeine Kreuzkraut (S. vulgaris) in der Regel Scheibenblüter, während unter anderen das Waldkreuzkraut (S. silvaticus) ein Strahlenblüter ist. Eine dritte Gattung, in der wir entsprechendes finden, ist die der Astern (Aster). Die Bergaster (A. amellus) z. B. ist ein Strahlenblüter, während die Leinaster (A. linosyris) ein Scheibenblüter ist, wovon eine Abart, die aber nur in Gärten vorzukommen scheint, allerdings kurze weisse Strahlenblüten trägt. Wollten wir nun annehmen, dass die Arten der Gattung Senecio, bezw. die von Matricaria und Aster, monotypischen Ursprunges seien, so müsste zum mindesten entweder die Strahlenblütigkeit oder die Scheibenblütigkeit — was wahrscheinlicher ist, wollen wir nicht untersuchen — polytypischer Herkunft sein. Wir könnten, falls wir auf monotypischen Ursprung bestehen, entweder annehmen, dass die gemeinsamen Vorfahren der röhrenblütigen Kompositen Scheibenblüter gewesen wären — dann müsste sich die Strahlenblütigkeit in jeder der in Frage kommenden Gattungen unabhängig entwickelt haben, oder dass sie Strahlenblüter gewesen wären — dann müsste die Scheibenblütigkeit in jeder der betreffenden Gattungen unabhängig entstanden sein. Wir kommen also nicht um die Annahme herum, dass entweder die Scheibenblütigkeit oder die Strahlenblütigkeit polytypischen Ursprunges sei. Ist das aber der Fall, so sehen wir nicht ein, weshalb nicht alle anderen Eigentümlichkeiten der röhrenblütigen Kompositen, sowie der Kompositen und aller anderen Pflanzengruppen überhaupt, polytypischen Ursprunges sein sollen. Demnach können wir unsere Untersuchungen dahin zusammenfassen, dass ebensowenig Beweise für einen monotypischen wie für einen monophyletischen Ursprung der Organismenarten vorhanden sind.

Suchen wir auf die uns hier beschäftigende Frage aus aller allgemeinsten Erwägungen heraus eine Antwort zu finden, so müssen wir gestehen, dass polytypischer Ursprung der Organismenformen viel wahrscheinlicher ist, als monotypischer; denn wir können uns viel eher vorstellen, dass aus einer Urform nur eine unverzweigte Stammesreihe von Organismenarten hervorgehen konnte, als ein viel und weit verzweigter Stammbaum, und dass die Annahme, sämtliche Organismenarten hätten einen gemeinsamen Urahnen, die unwahrscheinlichste von

allen ist. Indessen zwischen diesem einen Extrem und dem anderen, wonach sämtliche Organismenarten, die an der Spitze von Entwickelungsreihen stehen, aus ebensovielen Wurzeln hervorgegangen sind, wie ihre Anzahl beträgt, liegen zahlreiche verschiedene andere Möglichkeiten, und es wäre voreilig, uns für eines der beiden Extreme oder für eine der vielen übrigen Möglichkeiten zu entscheiden. Wir haben diese Untersuchungen nur angestellt, um uns davor zu bewahren, in einen Dogmatismus in Bezug auf die Stammverwandtschaft der Organismenformen zu verfallen. Denn die Entwickelungsmechanik darf einen solchen Dogmatismus nicht zugeben. Ob sich aus einer Stammart eine oder viele andere erhaltungsmässige Arten entwickeln können, ist eine Frage, die für die Entwickelungsmechanik von der allergrössten Bedeutung ist. Denn in einer Stammform, aus der ein weitverzweigter Stammbaum mit höchst verschiedenen Zweigspitzen hervorgehen kann, ist potentiell mehr, aktuell vielleicht weniger, gegeben, als in einer Art, von der nur eine unverzweigte Stammreihe ihren Ausgang nehmen kann. Deshalb hat die Entwickelungsmechanik in der Frage der Stammverwandtschaft der Organismen ein Problem zu erblicken, das nicht auf dogmatischem Wege gelöst werden darf.

Sollte unsere Wissenschaft zu dem Resultate kommen, dass ein polytypischer Ursprung der Organismenarten anzunehmen sei, so wäre noch die weitere Frage zu lösen, ob die Urvorfahren zweier heutiger Organismenarten ebenso, oder mehr, oder weniger verschieden gewesen wären wie diese, ob sich also die beiden Organismenstämme, die von den beiden Urarten ausgingen, parallel, oder ob sie sich convergent oder divergent entwickelt hätten. Man hat, um ein Beispiel anzuführen, angenommen, dass die Gattung der Pferde polytypischen Ursprunges sei, dass sich ihre Arten in Amerika und in der alten Welt selbständig entwickelt hätten, und dass die Vorfahren der amerikanischen Pferde verschiedener von denen der altweltlichen gewesen wären, als es die Arten der Gattung Equus untereinander sind, dass also hier eine Konvergenz stattgefunden habe. Andere nehmen an, dass sich die Pferde divergent von einem gemeinsamen Vorfahren aus entwickelt hätten. Wenn es sich hierbei auch um die Annahme einer monotypischen und sogar monophyletischen Abstammung handelt, so lässt sich doch auch für polytypische Abstammung divergente Entwickelung ebenso gut annehmen wie parallele und konvergente. Bei der Untersuchung, ob das eine oder das andere stattgefunden habe, darf man nun nicht scheinbare Konvergenz oder Divergenz mit wirklicher verwechseln. Scheinbare Konvergenz liegt z. B. im Falle der Eulen und der übrigen Vögel vor, die man früher zu der Ordnung der Raubvögel vereinigte. Der innere Bau der Eulen weicht aber sehr von dem der übrigen Raubvögel ab, sodass hier nur ein Fall von scheinbarer Konvergenz, eine Annäherung

in Bezug auf äussere Formenähnlichkeit, vorliegt, während es sich in dem Beispiel der Pferde um wirkliche Konvergenz handeln würde.

Eine nur scheinbare Divergenz liegt möglicherweise in der Thatsache vor, dass der Formenreichtum der heute lebenden Organismen grösser zu sein scheint, als der älterer Perioden der Erdgeschichte. Wenn wir nämlich bedenken, dass sich z. B. die verschiedensten Säugetierformen desto schwerer voneinander unterscheiden, oder wenigstens charakterisieren lassen, auf je tieferer keimesgeschichtlicher Stufe sie stehen, und dass sie sich als Eizellen im höchsten Grade ähneln, dass ihre Eizellen aber dem Grade nach ebenso verschieden voneinander sein müssen, wie die Erwachsenen, so werden wir schwerlich zu der übereilten Annahme neigen, der geringere Formenreichtum der Organismen älterer Erdgeschichtsperioden sei mehr als Schein. Denn die Vorfahren der heute lebenden Organismen standen auf tieferer Formenwertstufe als diese, und die ältesten Vertreter der Organismen können nur allereinfachste Urformen gewesen sein. Dass also die Unterschiede älterer Stammformen der heutigen Organismenarten schwerer festzustellen sind, als die ihrer letzten Epigonen, liegt auf der Hand, weshalb es sich bei der Stammesentwickelung der letzteren nur um scheinbare Divergenz handeln mag.

Wir ersehen aus allem obigen, dass die stammesgeschichtliche Entwickelung der Organismen ausserordentlich schwierige und verwickelte Probleme darbietet, und dass es nicht angeht, diese in dogmatischer Weise zu behandeln.

Dogmatismus wäre auch nicht angebracht bei der Behandlung einer letzten Frage, die wir berühren müssen, der Frage nämlich, ob die stammesgeschichtliche Umbildung einer Organismenart in eine andere immer nur allmählich, gleitend, geschehe, oder ob sie auch sprungweise erfolgen könne. Wir wissen, dass Missbildungen oft sprungweise entstehen. Auch für manche Abänderungen, die man nicht als Missbildungen betrachtet, gilt dies. So entstehen rote und weisse Leberblümchen (Hepatica triloba) sprungweise aus blauen. Anderseits kennen wir gleitende Übergänge zwischen vielen Organismenformen. Voreilige Entscheidung wäre in unserer Frage vom Übel: Die junge Wissenschaft der Entwickelungsmechanik muss sich von Dogmatismus jeglicher Art frei halten.

Mit ähnlichen Fragen, wie die im vorstehenden Abschnitt behandelten, haben sich in neuerer Zeit unter den Zoologen Georg Pfeffer („Versuch über die erdgeschichtliche Entwickelung der jetzigen Verbreitungsverhältnisse unserer Tierwelt", Hamburg 1891), unter den Botanikern Freiherr von Ettingshausen (s. insbesondere „Zur Theorie der Entwickelung der jetzigen Floren der Erde aus der Tertiärflora", Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. CIII, 1894) beschäftigt. Beide gelangen zu dem Ergebnis, dass die Organismenarten früherer Erdperioden mehr oder weniger gleichmässig gemischt über die ganze Erde

verbreitet waren Freiherr von Ettingshausen nimmt auch für die Arten vieler Gattungen einen polyphyletischen, wenn auch keinen polytypischen, Ursprung an. Die Mitteilungen über die im Haupttexte dieses Abschnittes genannten Riedgräser sind seiner Abhandlung entlehnt.

Für sprungweise stammesgeschichtliche Umbildung der Organismenarten ist Kölliker eingetreten. In ähnlicher Weise, wie sich der Schmetterling gewissermaassen sprungweise aus der Puppe und diese aus der Raupe hervorbildet, wie die junge Qualle oder Meduse aus dem anscheinend gänzlich verschieden geformten Polypen hervorsprosst, sollen die einzelnen Tierarten nach Kölliker sprungweise aus ihren Vorfahren entstanden sein. Kölliker hat seine schon früher ausgesprochenen Anschauungen ausführlich in seiner „Anatomisch-systematischen Beschreibung der Alcyonarien“ (Frankfurt a. M. 1872) niedergelegt.

Der letzte Abschnitt unseres Buches brachte uns in Berührung mit Problemen, an deren Lösung sich specielle Zweige der Biologie zu versuchen haben. Allen biologischen Spezialdisciplinen ist aber eine Beschäftigung mit der allgemeinen Entwickelungsmechanik dringend geboten. Diesen Nachweis dürfte das vorliegende Werk erbracht haben, diesem Gebote nachzukommen, will es behilflich sein. Es möchte aber nicht zu der Meinung veranlassen, dass die Entwickelungsmechanik dazu berufen sei, alle Probleme der allgemeinen und speciellen Wissenschaften vom organischen Leben zu lösen. Wenn es auch keinem Zweifel unterliegen kann, dass alles, was körperlich und der Bewegung unterworfen ist, dem Gebiete der Mechanik im weitesten Sinne angehört, so dürfen wir doch nicht vergessen, dass die Natur voll von Farben, Tönen, Düften und anderen Qualitäten ist, und dass die Organismen ein Seelenleben haben, dass sie alle, die einen in höherem, die anderen in geringerem Grade, Lust und Schmerz, Freude uud Leid, Liebe und Hass, also Willen, empfinden. Insonderheit müssen wir stets dessen eingedenk sein, dass alles, was wir über Gleichgewichts- und Bewegungszustände in Raum und Zeit wissen, nicht minder bloss unserem Bewusstsein angehört, als Farben, Töne und Düfte. Die Qualitäten haben also den gleichen Anspruch auf wissenschaftliche Erforschung, wie die Gegenstände der Mechanik; die mechanistische Weltanschauung muss durch andere Anschauungen von der Welt ergänzt werden. Zu dieser Ergänzung ist in erster Linie eine nicht bloss mechanistische, sondern allumfassende Organismenkunde berufen. Eine solche wird nicht die schlechtesten Bausteine liefern für die vom Dogmatismus unangekränkelte Philosophie der Zukunft.

Litteraturübersicht.

Die folgende Litteraturübersicht soll dem Anfänger die Orientierung über die Litteratur der Entwickelungsmechanik erleichtern. Sie giebt in chronologisch-alphabetischer Reihenfolge ein Verzeichnis der wichtigeren Schriften über Gegenstände unserer Wissenschaft. Indessen ist bezüglich der Litteratur der letzten Jahre eine grössere Vollständigkeit unter Berücksichtigung auch von Arbeiten von geringerer Bedeutung angestrebt worden, weil gerade diese Zeit reich an Kontroversen gewesen ist. Die Litteratur des Jahres 1896 ist nur, soweit es noch möglich war, berücksichtigt worden.

Die Anordnung der Hauptabschnitte ist hier eine andere als im Texte des Buches. Zwar hätten manche Schriften in mehr als einem Abschnitte aufgeführt werden können, was jedoch vermieden worden ist.

I. Über Bau, Leben und Entstehung der Zelle, der einzelligen Organismen, der einzelligen Entwickelungsstadien mehrzelliger Tiere und Pflanzen, sowie über die Befruchtung und die Träger der Vererbung.

Die Litteratur über die Gegenstände der Überschrift ist nur vom Jahre 1894 an mit grösserer Vollständigkeit aufgeführt worden. Die ältere Litteratur über die Zelle findet der Leser sehr ausführlich in dem Werke von Flemming, „Zellsubstanz, Kern und Zellteilung“ (Leipzig 1882). Was seitdem bis zum Jahre 1892 geschrieben worden ist, hat O. Hertwig eingehend in seinem Werke „Die Zelle und die Gewebe“ (Jena 1892) berücksichtigt. Flemmings Referate über die Zelle in den „Ergebnissen der Anatomie und Entwickelungsgeschichte“ (Wiesbaden) bringen immer die neuesten Übersichten über die Zelllitteratur. Die botanischen Arbeiten über den Zellkern haben eingehendste Berücksichtigung in Zimmermanns Werk „Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkerns“ (Jena 1896) gefunden, weshalb sie hier weniger berücksichtigt worden sind als die zoologischen. Ausser den genannten Werken und einigen schon durch ihren Titel als Werke umfassenderen Inhalts gekennzeichneten Büchern ausländischer Autoren seien dem Anfänger auch Verworns „Allgemeine Physiologie“ (Jena 1895), die namentlich einzellige Organismen berücksichtigt, und Berghs „Vorlesungen über die Zelle und die einfachen Gewebe des tierischen Körpers“ (Wiesbaden 1894) zum Studium empfohlen.

1896.

Balbiani, E. G. et F. Henneguy, Sur la signification physiologique de la division cellulaire directe. C. R. Ac. Sc. Paris T. 123.

Bambeke, C. van, De l'emploi du terme Protoplasma. Bull. Soc. Belge Microsc. 22. Ann. I.—IV.

Bardeleben, K. v., Die Entstehung der Samenkörper. Anat. Anz. 11. Bd.

Bütschli, O., Über Strukturen künstlicher und natürlicher quellbarer Substanzen. Verhdlgn. naturk.-med. Ver. Heidelberg. N. F. 5. Bd.

Cattaneo, G., I fenomeni biologici delle cellule ameboidi. Boll. Zool. Anat. Comp. Genova, No. 48.

Delage, Y., et E. Hérouard, Traité de Zoologie concrète. T. I. La Cellule et les Protozoaires. Paris.

Doflein, F. J. T., Über die Kernteilung bei Kentrochona nebaliae. Zool. Anz. 19. Bd.

Driesch, H., Betrachtungen über die Organisation des Eies und ihre Genese. Arch. f. Entwicklungsmech. 4. Bd.

Eigenmann, C. H., The Bearing of the Origin and Differentiation of the Sex Cells in Cymatogaster on the Idea of the Continuity of the Germ Plasm. Amer. Naturalist, Vol. 30.

Erlanger, R. v., Zur Befruchtung des Ascaris-Eies nebst Bemerkungen über die Struktur des Protoplasmas und des Centrosomas. Zool. Anz. 19. Bd.

— Über den sogenannten Nebenkern in den männlichen Geschlechtszellen der Insekten. Zool. Anz. 19. Bd.

— Über den feineren Bau der Epithelzellen der Kiemenblättchen der Salamanderlarve und ihre Teilung. Zool. Anz. 19. Bd.

— Neuere Ansichten über die Struktur des Protoplasmas, die karyokinetische Spindel und das Centrosoma. Zool. Centralbl. 3. Jhg.

Erlanger, R. v., Neuere Ansichten über die Struktur des Protoplasmas, die karyokinetische Spindel und das Centrosoma. Zool. Centralbl. 8. Jhg.
— Spermatogenetische Fragen I., Zool. Centralbl. 8. Jhg.
— Spermatogenetische Fragen II., Zool. Centralbl. 9. Jhg.
— Über die Befruchtung und ersten Teilungen des Eies von Ascaris megalocephala nebst allgemeinen Betrachtungen über den Bau des Protoplasmas, der Spindel und des Centrosomas. Verhdlgn. d. deutsch. zool. Ges. 6. Vers.
Farmer, J. B., The Cell and some of its supposed Structures. Natural Science. Vol. 9.
Gallardo, A., La Carioquinesis. Multiplicacion de las cellulas. Buenos Ayres. (Anat. Soc. Cientif. Argent. T. 42.)
Gemmill, J. F., Zur Eibildung bei den anuren Amphibien. Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abth.
Griffin, B. B., The history of the achromatic structures in the maturation and fertilization of Thalassema. Trans. N. Y. Acad. Sc.
Häcker, V., Über eine neue Form der Geschlechtszellen - Sonderung. Ber. Naturf. Ges. Freib. Bd. 10.
Henneguy, L. F., Leçons sur la cellule. Paris.
Hertwig, R., Über die Entwicklung des unbefruchteten Seeigeleies. Ein Beitrag zur Lehre von der Kernteilung und der geschlechtlichen Differenzierung. Festschr. f. C. Gegenbaur. 2. Bd.
Kostanecki, A. v., u. A. Wierzejski, Über das Verhalten der sogen. chromatischen Substanzen im befruchteten Ei. Arch. f. mikr. Anat. 47. Bd.
Korschelt, E., Über die Struktur der Kerne in den Spinndrüsen der Raupen. Ein Beitrag zur Kenntnis des feineren Baues des Zellkerns. Arch. f. mikr. Anat. 47. Bd.
Lauterborn, R., Über die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen Centrosom und Micronucleus der Infusorien. Verhdlgn. deutsch. zool. Ges. 6. Vers.
Lewis, M., Centrosome and Sphere in Certain of the Nerve Cells of an Invertebrate. Anat. Anz. 12. Bd.
Loew, O., The Energy of living Protoplasm. London.
Meves, F., Über die Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen von Salamandra maculosa. Arch. f. mikr. Anat. u. Entwicklgsg. 48. Bd.
Moore, J. E. S., On the spermatogenesis in Birds. Rep. 65. Meet. Brit. Ass.
Morgan, T. H., The Production of Artificial Astrospheres. Arch. f. Entwicklungsmech. 3. Bd.
Mitrophanow, P., Note sur la division des noyaux de l'état végétatif des Sphérozoaires. Arch. Zool. Expérim. (3.) T. 8.
Niessing, C., Die Beteiligung von Centralkörper und Sphäre am Aufbau des Samenfadens bei Säugetieren. Arch. f. mikr. Anat. u. Entwicklgs.-gesch. 48. Bd.
Norman, W. W., Segmentation of the Nucleus without Segmentation of the Protoplasm. Arch. f. Entwicklungsmech. 3. Bd.
Rawitz, B., Untersuchungen über Zellteilung. Arch. f. mikr. Anat. 47. Bd.
Reinhard, W., Zur Frage über die amitotische Teilung der Zellen. Biol. Centralbl. 16. Bd.
Reinke, F., Befruchtung und Furchung der Seeigeleier. Sitzgsber. k. preuss. Akad. Wiss. Berlin. 1895.
— Über neue Theorien der Zellmechanischen Vorgänge und ihre Beziehungen zur Befruchtung und Furchung des Seeigeleies. Arch. d. Ver. d. Fr. d. Naturgesch. Mecklbg. 49. Jhg. II. Abt.
Rhumbler, L., Versuch einer mechanischen Erklärung der indirecten Zell- und Kernteilung. 1. Teil. Die Cytokinese. Arch. f. Entwicklungsmech. 3. Bd.
Schaffer, J., Über einen neuen Befund von Centrosomen in Ganglien- und Knorpelzellen. Sitzgsber. K. Akad. Wiss. Wien, Math.-nat. Cl. 105. Bd. 3. Abt.
Schulze, F. E., Zellmembran, Pellicula, Cuticula und Crusta. Verhdlg. Anat. Ges. 10. Versammlg. 1896.
— Über die Verbindung der Epithelzellen unter einander. Sitzungsber. K. preuss. Akad. Wiss. Berlin. 1896. XXXIX.
Sedgwick, A., Remarks on the Cell-theory. C. R. 3. Congr. Intern. Zool. Leyde.
Wilcox, E. V., Spermatogenesis in Caloptenus femur-rubrum. Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard, Vol. 29.
Zimmermann, A., Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes. Jena.

1895.

Auerbach, L., Die Samenelemente von Ascaris megalocephala. 72. Jahresber. Schles. Ges. f. vaterl. Cult.
— Über die Samenkörperchen von Asta-

cus fluviatilis. 72. Jahresber. Schles. Ges. f. vaterl. Cult.
Auerbach, L., Die Samenelemente von Paludina vivipara. 72. Jahresber. Schles. Ges. f. vaterl. Cult.
Balbiani, E. G., Sur la structure et la division du noyau chez le Spirochona gemmipara. Ann. de Micrograph. T. 7.
Ballowitz, E., Die Doppelspermatozoen der Dytisciden. Zeitschr. f. wiss. Zool. 60. Bd.
Beard, J., The Conjugation of the Infusoria and the Meaning of the Processes involved. Anat. Anz. 11. Bd.
Boegle, C., Die Entstehung organischer Formen. München.
Bolles Lee, A., La régression du fuseau caryocinétique, le corps problématique de Platner et le ligament intercellulaire de Zimmermann dans les spermatocytes des Helix. La Cellule. T. XI.
Bonin, P., de quelques phénomènes de dégénérescence cellulaire dans le testicle jeune des Mammifères. Bibliogr. Anat. Nicolas. 3. Ann.
Bourne, G. C., A Criticism of the Cell-Theory. Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. 38.
Boveri, T., Über die Befruchtungs- und Entwicklungsfähigkeit kernloser Seeigel-Eier und über die Möglichkeit ihrer Bastardierung. Arch. f. Entwicklgsmech. 2. Bd.
— Über das Verhalten der Centrosomen bei der Befruchtung des Seeigel-Eies nebst allgemeinen Bemerkungen über Centrosomen und Verwandtes. Verhandlgn. phys.-med. Ges. Würzburg. N. F. 29. Bd.
Braus, H., Über Zellteilung und Wachstum des Triton-Eies, mit einem Anhange über Amitose und Polyspermie. Jena. Zeitschr. f. Naturw. N. F. 22 Bd.
Bruyne, C. de, La sphère attractive dans les cellules fixes du tissu conjonctif. Bull. Acad. R. Sc. Belg. (3.) T. 30.
Bühler, Spermatogenese bei Bufo vulgaris. Verhdlgn. Anat Ges. 9. Vers.
Bütschli, O., Vorläufiger Bericht über fortgesetzte Untersuchungen an Gerinnungsschäumen, Sphärokrystallen und die Struktur von Cellulose- und Chitinmembranen. Verhndlgn. naturhist.-med. Ver. Heidelberg. N. F. 5. Bd
Calkins, G. N., The Spermatogenesis of Lumbricus. Journ. of Morph. Vol. 11.
— Observations on the Yolk-nucleus in the Eggs of Lumbricus. Trans. N. York. Acad. Sc. 1895.
Devaux, Physiologie des organismes unicellulaires. Limoges.
Erlanger, R. v., Über den feineren Bau der Gonaden des Regenwurms. Zool. Anz. 18. Jhg.
Field, G. W., On the Morphology and Physiology of the Echinoderm Spermatozoon. Journ. of Morphol. Vol. 11.
Flemming, W., Zur Mechanik der Zellteilung. Arch. f. mikr. Anat. 46. Bd.
Floderus, M., Über amitotische Kernteilung am Keimbläschen des Igeleies. Bitr. K. Svensk. Vet Akad. Hdlgr. 21. Bd.
Foot, K., Preliminary Note on the Maturation and Fertilization of the Egg of Allolobophora foetida. Journ. of Morphol. Vol. IX.
Fullarton, J. H., On the generative Organs and Products of Tomopteris onisciformis Eschscholtz. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. 8. Bd.
Galeotti, G., Über die Granulationen in den Zellen. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys. Bd. 12.
Guignard, L., Sur l'origine des sphères directrices. C. R. Soc. Biol. Paris (10.) T. I.
— Sur l'origine des sphères directrices. Bull. Soc. Linn. Normandie. (4.) Vol. 8.
Häcker, V., Über die Selbständigkeit der väterlichen und mütterlichen Kernbestandteile während der Embryonalentwicklung von Cyclops. Arch. f. mikr. Anat. 46. Bd.
— Die Vorstadien der Eireifung. Arch. f. mikr. Anat. 45. Bd.
Heidenhain, M., Cytomechanische Studien. Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.
Henslow, G., The origin of Plant Structures. London.
Herla, V., Étude des variations de la mitose chez l'Ascaride mégalocéphale. Arch. de Biol. T. XIII.
Hertwig, R., Über Centrosoma und Centralspindel. Sitzgsber. Ges. f. Morphol. u. Physiol. München.
Hill, M. D., Notes on the Fecundation of the Egg of Sphaerechinus granularis, and on the Maturation and Fertilisation of the Egg of Phallusia mammillata. Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. 38.
Jensen, P., Über individuelle physiol. Unterschiede zwischen Zellen der gleichen Art. Arch. f. d. ges. Physiol. 57. Bd.
Klaatsch, H., Über Kernveränderungen im Ectoderm der Appendicularien bei der Gehäusebildung. Morphol. Jahrb. 23. Bd.

Keuten, J., Die Kernteilung von Euglena viridis Ehrenbg. Zeitschr. f. wiss. Zool. 60. Bd.
Kobelt, A., Mitose und Amitose. Ein Erklärungsversuch des Teilungsphänomens. Basel und Genf.
Korschelt, E., Über Kernteilung, Eireifung und Befruchtung bei Ophryotrocha puerilis. Zeitschr. f. wiss. Zool. 60. Bd.
— Mitteilung über Eireifung und Befruchtung. Verhdlgn. deutsch. zool. Ges. 5. Vers.
Krompecher, E., Die mehrfache indirecte Kernteilung. Wiesbaden.
Labbé, A., Les théories récentes sur l'homologation du noyau des Protozoaires et du noyau des cellules des metazoaires. Arch. Zool. expérim. (3.) T. 3.
- Sur le noyau et la division nucléaire chez les Benedenia. C. R. Ac. Sc. Paris, T. 120.
Lameere, A., Sur la place que les Protozoaires doivent occuper dans la classification des organismes. Bull. Soc. Belg. Microsc. 22. Ann.
Lauterborn, R., Protozoenstudien. I. Kern- und Zellteilung von Ceratium hirudinella O. F. M. Zeitschr. f. wiss. Zool. 59. Bd.
Loeb, J., Über Kernteilung ohne Zellteilung. Arch. f. Entwicklungsmech. 2. Bd.
Mead, A. D., Some observations on maturation and fecundation in Chaetopterus pergamentaceus, Cuvier. Journ. of Morphology. Vol. X.
Meves, F., Über eigentümliche mitotische Processe in jungen Ovocyten von Salamandra maculosa. Anat. Anz. 10. Bd.
— Über die Zellen des Sesambeines in der Achillessehne des Frosches (Rana temporaria) und über ihre Centralkörper. Arch. mikr. Anat. u. Entwicklgsg. 45. Bd.
Meyer, O., Celluläre Untersuchungen an Nematoden-Eiern. Jena. Zeitschr. f. Nat. N. F. 22. Bd.
Monti, R., Sulle granulazioni del protoplasma di alcuni Ciliati. Boll. Scientif. Ann. 17.
Moore, J. E. S., On the Structural Changes in the Reproductive Cells during the Spermatogenesis of Elasmobranchs. Quart. Journ. Mikr. Sc. Vol. 38.
Morgan, J. T., The Fertilization of non-nucleated Fragments of Echinoderm Eggs. Arch. f. Entwicklgsmech. 2. Bd.
— The Formation of one Embryo from two Blastulae. Arch. f. Entwicklgs.-mech. 2. Bd.
Paladino, G., Per l'amitosi nei Vertebrati. W. Flemming, Antwort darauf. Paladino, Una seconda riposta. Flemming, Schlussbemerkung. Anat. Anz. 10. Bd.
Preusse, F., Über die amitotische Kernteilung in den Ovarien der Hemipteren. Zeitschr. f. wiss. Zool. 59. Bd.
Rabl, H., Über das Vorkommen von Nebenkernen in den Gewebezellen der Salamanderlarven, ein Beitrag zur Lehre von der Amitose. Arch. f. mikr. Anat. 45. Bd.
Rawitz, B., Centrosoma und Attractionssphaere in der ruhenden Zelle des Salamanderhodens. Arch. f. mikr. Anat. u. Entwicklgsg. 44. Bd.
Rückert, J., Über das Selbständigbleiben der väterlichen und mütterlichen Kernsubstanz während der ersten Entwicklung des befruchteten Cyclops-Eies. Arch f. mikr. Anat. 45. Bd.
Sabatier, A., Sur quelques points de la spermatogénèse chez les Sélaciens. C. R. Ac. Sc. Paris. T. 120.
— L'immortalité du protoplasma. Revue scientif. (4.) T. 3.
Sala, L., Experimentelle Untersuchungen über die Reifung und Befruchtung des Eies bei Ascaris megalocephala. Arch. f. mikr. Anat. 44. Bd.
Schaudinn, F., Über die Teilung von Amoeba binucleata Gruber. Sitzgsber. Ges. Nat. Fr. Berlin.
Sedgwick, A., Further Remarks on the Cell-theory, with a Reply to Mr. Bourne. Quart. Journ. Mikr. Sc. Vol. 38.
Seeliger, O., Über die Erzeugung von Bastardlarven bei Seeigeln. Verhdlgn. Ges. deutsch. Naturf. u. Ärzte, 66. Vers. Wien.
Siedlecki, M., Über die Struktur und Kernteilungsvorgänge bei den Leucocyten der Urodelen. Anz. Akad. Wiss. Krakau.
Sobotta, J., Die Befruchtung des Eies von Amphioxus (Branchiostoma), lanceolatus (m). Anat. Anz. 11. Bd.
— Die Befruchtung und Furchung des Eies der Maus. Arch. f. mikr. Anat. u. Entwicklgsg. 45. Bd.
Stricht, O. van der, Contribution à l'étude de la forme, de la structure et de la division du noyau. Bull. Acad. R. Belg. (3.) T. 29.
— La sphère attractive dans les cellules pigmentaires de l'oeil de chat. Bibliogr. anat. (Nicolas), 3. Ann.
Toyama, K., On the Spermatogenesis of the Silk-Worm. Coll. of Agric. Imp. Univers. Tokio, Bull. Vol. II.

Tubeuf, Frhr. v., Pflanzenkrankheiten durch kryptogame Parasiten verursacht. Berlin.
Verworn, M., Allgemeine Physiologie. Jena.
Wheeler, W. M., The Behavior of the Centrosomes in the fertilized Egg of Myzostoma glabrum Leuckart. Journ. of Morphol. Vol. X.
Wilson, E. B., Karyokinesis and the fertilization of the ovum of Toxopneustes variegatus. Proc. Boston Soc. Nat. Hist. Vol. 26.
— Archoplasm, Centrosome, and Chromatin in the Sea-Urchin Egg. Journ. of Morphol. Vol. 11.
Wilson, E. B. and E. Leaming, An Atlas of the Fertilization and Karyokinesis of the Ovum. London.
Wilson, E. B., and A. P. Mathews, Maturation, Fertilization and Polarity in the Echinoderm Egg. New Light on the „Quadrille of the Centers". Journ. of Morphol. Vol. X.
Ziegler, H. E., Untersuchungen über die Zellteilung. Verhdlgn. deutsch. zool. Ges. 5. Vers.
Zoja, R., Sulla indipendenza della cromatina paterna e materna nel nucleo delle cellule embrionali. Anat. Anz. 11. Bd.

1894.

Auerbach, L., Spermatologische Mitteilungen. Jahresber. Schles. Ges. f. vaterl. Cult.
Ballowitz, E., Bemerkungen zu der Arbeit von Karl Ballowitz nebst weiteren spermatologischen Beiträgen betreffend die Tunicaten, Mollusken, Würmer, Echinodermen und Coelenteraten. Internat. Monatsschrift f. Anat. u. Phys. 11. Bd.
Ballowitz, K., Zur Kenntnis der Samenkörper der Arthropoden. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys. 11. Bd.
Bergh, R. S., Vorlesungen über die Zelle und die einfachen Gewebe des tierischen Körpers. Wiesbaden.
Blanc, H., Étude sur la fécondation de l'oeuf de la truite. Ber. Nat. Ges. Freiburg i. Br. 8.
Blochmann, F., Über die Kernteilung bei Euglena. Biol. Centralbl. 14. Bd.
— Zur Kenntnis von Dimorpha mutans Grub. Biol. Centralbl. 14. Bd.
— Kleine Mitteilungen über Protozoen. Biol. Centralbl. 14. Bd.
Born, G., Die Struktur des Keimbläschens im Ovarialei von Triton taeniatus. Arch. f. mikr. Anat. 43. Bd.
Boveri, T., Beziehungen zwischen Zellfunktion u. Kernstruktur. Sitzungsber. phys.-med. Ges. Würzburg.
Brauer, A., Zur Kenntnis der Reifung des parthenogenetisch sich entwickelnden Eies von Artemia salina. Arch. f. mikr. Anat. 43. Bd.
— Über die Encystierung von Actinosphaerium Eichhorni Ehrbg. Zeitschr. f. wiss. Zool. 58. Bd.
Bunting, M., The Origin of Sex-cells in Hydractinia and Podocoryne; and the development of Hydractinia. Journ. of Morphol. Vol. 9.
Calkins, G. A., History of the Archoplasm Mass in Spermatogenesis of Lumbricus. Trans. N. York Ac. Sc. Vol. 13.
Chittenden, R. H., Some recent chemico-physiological discoveries regarding the cell. Amer. Naturalist, Vol. 28.
Cholodkovsky, N., Zur Frage über die Anfangsstadien der Spermatogenese bei den Insekten. Zool. Anz. 17. Jhg.
Danilewsky, A., La substance fondamentale du protoplasma. Atti 11. Congr. Med.
— Le Protoplasma. Revue Scientif. (4.) T. 2.
Demoor, J., Contribution à l'étude de la physiologie de la cellule. Arch. de Biol. Gand.
Drüner, L., Beiträge zur Kenntnis der Kern- und Zellendegeneration und ihrer Ursache. Jena. Zeitschr. f. Naturw. 28. Bd.
— Zur Morphologie der Centralspindel. Jena. Zeitschr. f. Nat. 28. Bd.
— Studien über den Mechanismus der Zellteilung. Jena. Zeitschr. 29. Bd.
Eismond, J., Einige Beiträge zur Kenntnis der Attractionssphären und der Centrosomen. Anat. Anz. 10. Bd.
Ettingshausen, Frhr. v., Zur Theorie der Entwickelung der jetzigen Flora der Erde aus der Tertiärflora. Sitzungsber. K. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl. 53.
Flemming, W., Morphologie der Zelle und ihrer Teilungserscheinungen (Bericht über 1892—1893). Ergebnisse d. Anat. u. Entwicklgsg. 3. Bd.
Frenkel, M., La paranucléine. Atti 11. Congr. Med. Vol. 2.
Gallardo, A., Essai d'interprétation des figures Karyokinetiques. Anat. Mus. Nac. Buenos Aires. T. 5.
Gasco, F., Chez l'Axolotl le développement normal de l'oeuf et le sexe est tout à fait indépendant les nombres des némaspermes qui se sont insinués dans la sphère vitelline. Arch. Ital. Biol. T. 21.

Gould, L. J., Notes on the Minute Structure of Pelomyxa palustris (Greef). Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. 36.
Gruber, A., Amöben-Studien. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. B. 8. Bd.
Häcker, V., Über den heutigen Stand der Centrosomenfrage. Verhdlgn. deutsch. Zool. Ges. 4. Vers.
— Über generative und embryonale Mitose, sowie über pathologische Kernteilungsbilder. Arch. f. mikr. Anat. 43. Bd.
Heidenhain, M., Neue Untersuchungen über die Centralkörper und ihre Beziehung zum Kern- und Zellprotoplasma. Arch. f. mikr. Anat. 43. Bd.
Henneguy, L. F., Sur les parasomes ou prétendus noyaux accessoires. C. R. Soc. Philom. Paris.
Herrick, F. N., Movements of the nucleolus through the action of gravity. Anat. Anz. 10. Bd.
Heymons, R., Über die Entstehung der Geschlechtszellen bei den Insekten. Sitzgsber. Ges. Nat. Fr. Berlin, 1893.
Hill, C. D., Cell-Division. Natural Science, Vol. 4.
Ishikawa, C., Studies of Reproductive Elements. II. Noctiluca miliaris, Sur.; its Division and Spore-Formation. Journ. Coll. Sc. Tokyo, Vol. 6.
— Über die Kernteilung von Noctiluca miliaris. Ber. Nat. Ges. Freiburg i. Br. 8. Bd.
Johnson, H. P. The Plastogamy of Actinosphaerium. Journ. of Morphol. (Whitman), Vol. 9.
Korschelt, E., Über eine besondere Form der Eibildung und die Geschlechtsverhältnisse von Ophyotrocha puerilis. Ber. Naturf. Freiburg i. B. 8. Bd.
Laodowsky, M., Von der Entstehung der chromatischen und achromatischen Substanz in den tierischen und pflanzlichen Zellen. Anat. Hefte, 4. Bd.
Maas, O., Über die erste Differenzierung von Generations- und Samenzellen bei Spongien. Verhdlng. deutsch. Zool. Ges. 3. Vers.
Meves, F., Über eine Metamorphose der Attractionssphäre in den Spermatogonien von Salamandra maculosa. Arch. mikr. Anat. 44. Bd.
— Über eine Art der Entstehung ringförmiger Kerne und die bei ihnen zu beobachtenden Gestalten und Lagen der Attractionssphären. Leipzig.
Metzner, R., Beiträge zur Granulalehre. I. Kern und Kernteilung. Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt.
Mitrophanow, P., Contributions à la division cellulaire indirecte chez les Sélaciens. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys. 11. Bd.
Mondino, C., e Acquisto. Sui fenomeni di maturazione di alcune uova. Monit. Zool. Ital. 5. Ann.
Moore, J. E. S., The Archoplasm and Attraction Sphere. Nature, Vol. 50.
— On the germinal blastema and the nature of the socalled „Reduction-division“ in the cartilaginous Fishes. Anat. Anz. 9. Bd.
— Some Points in the Spermatogenesis of Mammalia. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 11. Bd.
Morgan, T. H. and Ume Tsuda, The Orientation of the Frog's Egg. Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. 35.
Nussbaum, M., Das Ei der Fische und seine Befruchtung. Zeitschr. f. Fischer. 2. Jhg.
Paladino, G., Contribuzione alla conoscenza dell' amitosi nei Mammiferi. Rendic. Accad. Sc. fis. mat. Napoli, (2.) Vol. 7.
— Contribution à la connaissance de l'amitose chez les Mammifères. Arch. Ital. Biol. T. 21.
Pérez, J., Protoplasme et noyau. Bordeaux.
Pizon, A., Évolution des éléments sexuels chez les Ascidies composées. C. R. Ac. Sc. Paris, T. 119.
Prenant, A., Sur le corpuscule centrale. Ann. Soc. Sc. Nancy (2) T. 19.
Przesmycki, M., Über die Zellkörnchen bei den Protozoen. Biol. Centralbl. 14. Bd.
Racovitza, É. G., Sur les amibocytes, l'ovogenèse et la ponte chez la Micronereis variegata Clap. C. R. Ac. Sc. Paris, T. 118.
Rath, O. vom, Über die Konstanz der Chromosomenzahl bei Tieren. Biol. Centralbl. 14. Bd.
Reinke, F., Zellstudien. Arch. f. mikr. Anat. 49. Bd.
Rhumbler, L., Beiträge zur Kenntnis der Rhizopoden. II. Saccammina sphaerica M. Sars. I. Teil. Zeitschr. f. wiss. Zool. 57. Bd.
Rossi, M., Contributo alla studio della struttura, della maturazione e della distruzione delle uova degli Anfibi. Monit. Zool. Ital. Ann. V.
Rückert, J., Die Chromatinreduktion bei der Reifung der Samenzellen (Bericht über 1891—1893). Ergebnisse d. Anat. u. Entwicklgsg. 3. Bd.
— Zur Eireifung bei den Copepoden. Anat. Hefte. 1. Abtl. 12. Heft.
Ryder, J. A., and Mary E. Pennington, Non-sexual Conjugation of the

Nuclei of the adjacent Cells of an Epithelium.
Schaudinn, F., Die Fortpflanzung der Foraminiferen und eine neue Art der Kernvermehrung. Biol. Centralbl. 14. Bd.
— Untersuchungen an Foraminiferen. I. Calcituba polymorpha. Inaug.-Diss. Berlin.
— Über Kernteilung mit nachfolgender Körperteilung bei Amoeba crystalligera Gruber. Sitzgsber. K. preuss. Ak. Wiss. Berlin.
Schloter, G., Zur Morphologie der Zellen. Arch. f. mikr. Anat. 44. Bd.
Seeliger, O., Über das Verhalten der Keimblätter bei der Knospung der Caelenteraten. Zeitschr. f. wiss. Zool. 58. Bd.
— Giebt es geschlechtlich erzeugte Organismen ohne mütterliche Eigenschaften? Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.
Sedgwick, A., On the Inadequacy of the Cellular Theory of Development. Quart. Journ. Micr. Sc., Vol. 37.
Sobotta, J., Die Befruchtung des Eies der Maus. Anat. Anz. 9. Bd.
Strasburger, E., Über periodische Reduktion der Chromosomenzahl im Entwickelungsgang der Organismen. Biol. Centralbl. 14. Bd.
Stricht, O. van der, De l'origine de la figure achromatique de l'ovule en mitose chez le Thysanozoon Broccki. Verhdlgn. anat. Ges. 8. Vers.
Toyama, Nogakushi, K., Preliminary Note on the Spermatogenesis of Bombyx mori L. Zool. Anz.
Trinchese, S., Nuove osservazioni sulle vescicole direttrici. Monit. Zool. Ital. 5. Ann.
— Contribuzione alla connescenza del protoplasma. Atti II. Congr. Med. Vol. 2.
Verson, E., Zur Spermatogenesis bei der Seidenraupe. Zeitschr. f. wiss. Zool. 58. Bd.
Wilcox, E. V., Spermatogenesis of Caloptenus femur-rubrum. Anat. Anz. 10. Bd.
Ziegler, H. E., Über das Verhalten der Kerne im Dotter der meroblastischen Wirbeltiere. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. B. 8. Bd.
Zoja, R., Contribuzione allo studio delle sostanze cromatofile nucleari di Auerbach. Boll. Scientif. Ann. XV.

1893.

Balbiani, C.-G., Centrosome et „Dotterkern". Journ. Anat. et Physiol. T. 29.
Brauer, A., Zur Kenntnis der Spermatogenese von Ascaris megolocephala. Arch. mikr. Anat. 42. Bd.
Brauer, A., Zur Kenntnis der Herkunft des Centrosomas. Biol. Centralbl. 13. Bd.
Bütschli, O., Über die künstliche Nachahmung der Karyokinetischen Figur. Verhdlgn. naturhist.-med. Ver. Heidelberg. N. F. 5. Bd.
Fick, R., Über die Reifung und Befruchtung des Axolotleies. Zeitschr. wiss. Zool. 56. Bd.
Gruber, A., Mikroskopische Vivisektion. Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br. 7. Bd.
Haacke, W., Die Träger der Vererbung. Biol. Centralbl. 13. Bd.
Häcker, V., Über die Bedeutung der Centrosomen. Nach Beobachtungen am Winterei von Sida crystallina. Anhang zu: Das Keimbläschen. II. Teil. Arch. mikr. Anat. 42. Bd.
Heidenhain, M., Über die Centralkörpergruppe in den Lymphocyten der Säugetiere während der Zellenruhe und der Zellenbildung. Verh. Anat. Ges.
Henking, H., Künstliche Nachbildung von Kernteilungsfiguren. Arch. mikr. Anat. 41 Bd.
Karsten, G., Über Beziehungen der Nucleolen zu den Centrosomen bei Psilotum triquetrum. Ber. deutsch. bot. Ges. 11. Bd.
Lauterborn, R., Über Bau und Kernteilung der Diatomeen. Verhdlgn. Naturh.-med. Ver. Heidelberg. N. F. 5. Bd.
Moore, J. E. S., On the relationship and rôle of the archoplasm during mitosis in larval Salamandrae. Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. 34.
Rath, O. vom, Beiträge zur Kenntnis der Spermatogenese von Salamandra maculosa. Zeitschr. f. wiss. Zool. 57. Bd.
Strasburger, E., Zu dem jetzigen Stande der Kern- und Zellteilungsfragen. Anat. Anz. 8. Bd.
Wasielewsky, von, Die Keimzone in den Genitalschläuchen von Ascarismegalocephala. Arch. mikr. Anat. 41. Bd.
Watasé, L., Homology of the Centrosome. Journ. Morph. Vol. 8.
Zimmermann, K. W., Studien über Pigmentzellen. I. Über die Anordnung des Archoplasmas in den Pigmentzellen der Knochenfische. Arch. mikr. Anat. 41. Bd.

1892.

Bergh, R. S., Kritik einer modernen Hypothese von der Übertragung erblicher Eigenschaften. Zool. Anz. 15. Bd.

Bütschli, O., Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig.
Heidenhain, M., Über Kern und Protoplasma. Festschrift für Kölliker. Leipzig.
Henking, H., Untersuchungen über die ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern der Insekten. III. Spezielles und Allgemeines. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. 54. Bd.
Hermann, F., Methoden zum Studium des Archoplasmas und der Centrosomen tierischer und pflanzlicher Zellen. Ergebnisse der Anat. und Entwickelungsgesch. 2. Bd.
Hertwig, O., Die Zelle und die Gewebe. Jena.
Kostanecki, K. v., Über Kernteilung bei Riesenzellen nach Beobachtungen an der embryonalen Säugetierleber. Anat. Heft. 1. Bd.
Lebrun, H., Les centrosomes dans l'oeuf de l'Ascaris megalocephala. Anat. Anz. 7. Bd.
Rath, O. vom, Zur Kenntnis der Spermatogenese von Gryllotalpa. Arch. mikr. Anat. 40. Bd.
Sachs, J., Physiologische Untersuchungen. Flora oder allgem. bot. Zeitung.
Stricht, O. van der, Contribution à l'étude de la sphère attractive. Bull. Acad. Roy. Belg. T. 23.
Verworn, M., Die Bewegung der lebendigen Substanz. Jena.
Wiesner, Die Elementarstruktur und das Wachstum der lebenden Substanz. Wien.

1891.

Bambeke, C. et O. van der Stricht, Caryomitose et division directe des cellules à noyau bourgeonnant à l'état physiologique. Ann. Soc. Méd. Gand.
Bürger, O., Über Attractionssphären in den Zellkörpern einer Leibesflüssigkeit. Anat. Anz. 6. Bd.
Bütschli, O., Über die sogenannten Centralkörper der Zelle und ihre Bedeutung. Verh. naturhist.-med. Ver. Heidelberg. 4. Bd.
Fol, H., Le Quadrille des Centres. Un épisode nouveau dans l'histoire de la fécondation. Arch. Sc. Phys. Nat. Genève.
— Die „Centrenquadrille“, eine neue Episode aus der Befruchtungsgeschichte. Anat. Anz. 6. Bd.
Flemming, W., Attractionssphären und Centralkörper in Gewebezellen und Wanderzellen. Anat. Anz. 6. Bd.
— Neue Beiträge zur Kenntnis der Zelle. II. Teil. Arch. mikr. Anat. 37. Bd.
— Über Teilung und Kernformen bei Leucocyten, und über deren Attractionssphären. Arch. mikr. Anat. 37. Bd.
Flemming, W., Referat „Zelle“ in Ergebnissen d. Anat. u. Entwicklungsgesch. 1. Bd.
Guignard, L., Nouvelles études sur la fécondation. Ann. Sc. Nat. (7.) Botanique. Vol. 14.
— Sur l'existence des sphères attractives dans les cellules végétales. C. R. Acad. Sc. Paris. T. 110.
Heidenhain, M., Über die Centralkörperchen und Attractionssphären der Zellen. Anat. Anz. 6. Bd.
Henking, H., Über plasmat. Strahlungen. Verhandl. deutsch.-zool. Ges.
Henneguy, L-F., Nouvelles recherches sur la division cellulaire indirecte. Journ. Anat. T. 27.
Hermann, F., Beitrag zur Lehre von der Entstehung der karyokinetischen Spindel. Arch. mikr. Anat. 37. Bd.
Ishikawa, C., Vorläufige Mitteilung über die Conjugationserscheinungen bei den Noctiluceen. Zool. Anz. 14. Jhg.
Meves, F., Über amitotische Kernteilung in den Spermatogonien des Salamanders und Verhalten der Attractionssphäre bei derselben. Anat. Anz. 6. Bd.
Wildeman, de, Sur les sphères attractives dans quelques cellules végétales. Bull. Ac. Roy. Belg. (3.) T. 21.
Vejdovsky, F., Bemerkungen zur Mitteilung H. Fols „Contribution à l'histoire de la fécondation“. Anat. Anz. 6. Bd.
Verworn, M., Die physiologische Bedeutung des Zellkerns. Arch. f. d. ges. Physiol. 51. Bd.

1890.

Altmann, R., Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen. Leipzig.
Boveri, T., Zellenstudien. III. Über das Verhalten der chromatischen Kernsubstanz bei der Bildung der Richtungskörper und bei der Befruchtung. Jena. Zeitschr. f. Naturw. 24. Bd.
Bütschli, O., Über den Bau der Bakterien und verwandter Organismen. Leipzig.
Fayod, V., Über die wahre Struktur des lebendigen Protoplasmas und der Zellmembran. Naturw. Rundsch. 5. Jhg.
Hertwig, O., Vergleich der Ei- und Samenbildung bei Nematoden. Eine Grundlage für celluläre Streitfragen. Arch. mikr. Anat. 36. Bd.

1889.

Boveri, T., Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften. Sitzungsber. Ges. Morph. u. Physiol. München.

Platner, G., Beiträge zur Kenntnis der Zelle und ihrer Teilungserscheinungen. Arch. Micr. Anat.

Rabl, C., Über Zellteilung. Anat. Anz. 4. Bd.

Solger, B., Zur Struktur der Pigmentzellen. Zool. Anz. 12. Bd.

Strasburger, E., Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang. Jena.

1888.

Blochmann, F., Über die Richtungskörper bei unbefruchtet sich entwickelnden Insekteneiern. Verhdlgn. Nat. Med. Ver. Heidelberg. N. F. Bd. 4.

Boveri, T., Zellenstudien. II. Die Befruchtung und Teilung des Eies von Ascaris megalocephala. Jena. Zeitschr. f. Naturw. 22. Bd.

Gruber, A., Über einige Rhizopoden aus dem Genueser Hafen. Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br. 4. Bd.

Hertwig, R., Über die Gleichwertigkeit der Geschlechtskerne bei den Seeigeln. Sitz.-Ber. Ges. f. Morphol. u. Physiol. München. 4. Bd.

Rhumbler, L., Die verschiedenen Cystenbildungen und die Entwicklungsgeschichte der holotrichen Infusoriengattung Colpoda. Zeitschr. f. wiss. Zool.

Schewiakoff, W., Über die Karyokinetische Kernteilung der Euglypha alveolata. Morphol. Jahrb. 13. Bd.

Vejdovsky, F., Entwicklungsgeschichtl. Untersuchungen. I. Reifung, Befruchtung und erste Furchungsvorgänge des Rhynchelmis-Eies. Prag.

1887.

Beneden, E. van, et A. Neyt, Nouvelles recherches sur la fécondation et la division mitosique chez l'Ascaris megalocephala. Bull. Ac. Roy. Belg. (3.) T. 14.

Boveri, T., Zellenstudien. I. Die Bildung der Richtungskörper bei Ascaris megalocephala und Ascaris lumbricoides. Jena.

— Über die Befruchtung des Eies von Ascaris megalocephala. Sitz.-Ber. Ges. f. Morphol. u. Physiol. München. 3. Bd.

Platner, G., Kern und Protoplasma. Habilitationsschrift. Breslau.

1886.

Berthold, Studien über Protoplasmamechanik. Leipzig.

Gaule, Über die Bedeutung der Cytozoen. Biol. Centralbl. 6. Bd.

1885.

Hertwig, O., Das Problem der Befruchtung und der Isotropie des Eies. Jena.

Kölliker, A., Die Bedeutung der Zellkerne für die Vorgänge der Vererbung. Zeitschr. f. wiss. Zool.

Maggi, L., Di alcuni funzioni degli esseri inferiori etc. Rendi R. Istitut. Lombard. di Sc. e Lett.

1883.

Beneden, E. van, Recherches sur la maturation de l'oeuf et la fécondation. Arch. Biol. T. 4.

Maggi, L., Glie ed aque potabile. Rendi R. Jstit. Lombard. di Sc. e Lett.

Weismann, A., Die Entstehung der Sexualzellen bei den Hydromedusen. Jena.

1882.

Flemming, W., Zellsubstanz, Kern und Zellteilung. Leipzig.

Hanstein, v., Beiträge zur allgemeinen Morphologie der Pflanzen. In Bot. Abh. aus dem Geb. d. Morph. u. d. Physiol. 4. Bonn.

Maggi, L., Protistologia. Milano.

1880.

Strasburger, E., Zellbildung und Zellteilung. 3. völlig umgearbeitete Aufl. Jena.

1879.

Fol, H., Recherches sur la fécondation et le commencement de l'hénogénie chez divers animaux. Mém. Soc. Phys. et Hist. Nat. Genève. T. 26.

1878.

Maggi, L., Plastiduli nei ciliati i plastiduli liberamente viventi. — Atti della soc. it. di scienze natur. Milano.

1876.

Beneden, E. van, Recherches sur les Dicyémides. Bull. Ac. Roy. Belg. (2.) T. 41.

Bütschli, O., Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizellen, die Zellteilung und die Conjugation der Infusorien. Abh. Senckenberg. naturforsch. Ges. 10. Bd.

Hertwig, O., Beiträge zur Kenntnis der Bildung, Befruchtung und Teilung des tierischen Eies. Morphol. Jahrb. 1. Bd.

1875.

Kupffer, C., Über Differenzierung des Protoplasma in den Zellen tierischer Gewebe. Schriften Naturw. Ver. Schlesw.-Holst. 1. Bd.

Strasburger, E., Über Zellbildung und Zellteilung. Jena.

1874.

Maggi, L., Corsi di Anatomia e Fisiologia comparata e di Protistologia tenuiti nell' Università di Pavia dal 1874.

1870.

Haeckel, E., Monographie der Moneren. Biologische Studien. 1. Bd. Jena.

1863.

Schultze, M., Über das Protoplasma der Rhizopoden und Pflanzenzellen. Leipzig.

1861.

Brücke, E., Die Elementarorganismen. Sitzungsber. K. Acad. Wiss. Wien.

1846.

Mohl, H. v., Über die Saftbewegung im Innern der Zellen. Bot. Zeitung.

1841.

Dujardin, Histoire naturelle des Zoophytes etc. Paris.

1838.

Schleiden, M. J., Beiträge zur Phytogenesis. Müllers Archiv.

II. Schriften über Entwickelungsmechanik und Entwickelungslehre überhaupt mit Ausnahme der von den Gegenständen des vorigen Abschnittes handelnden.

Da der Verfasser des vorliegenden „Grundrisses" vorwiegend Zoologe ist, so hat er die einschlägigen botanischen Schriften weniger berücksichtigt. Der Leser findet den botanischen Teil der Entwickelungsmechanik, der seitens der Botaniker zur Pflanzenphysiologie gerechnet wird, in den zusammenfassenden Werken und Bücherabschnitten über diese Wissenschaft. Einen wichtigen Teil der Litteratur über die Entwickelungsmechanik der Pflanzen hat Herbst in seiner Abhandlung „Über die Bedeutung der Reizphysiologie" (Biol. Centralbl. 14. u. 15. Bd.) berücksichtigt und angeführt, worin der Leser zugleich die wichtigsten Schriften über die Reize und ihre Folgen verwertet und aufgezählt findet. Über die Regeneration und ihre Litteratur, sowie über andere Fragen der allgemeinen und speziellen Entwickelungsmechanik, Morphologie und Stammesgeschichte und die Litteratur darüber sind die „Ergebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte" (Wiesbaden) zu vergleichen. Die Missbildungen und Formabänderungen bei Tieren behandelt Bateson (Materials for the study of Variation, London 1894), über die bei Pflanzen geben ältere und neuere zusammenfassende Werke über Pflanzenteratologie Aufschluss. Über die Missbildungen des Menschen, worüber besondere Werke erschienen sind, bringen die Lehrbücher der pathologischen Anatomie, z. B. das von Ziegler, Abschnitte und Litteraturangaben. Ausser letzteren in erster Linie für Mediziner bestimmten Werken sind auch die vorwiegend für Landwirte geschriebenen Bücher über Tierzucht und Pflanzenbau, sowie die Schriften über die Gartenflora seitens der Entwickelungsmechanik zu berücksichtigen. Der Anfänger, der übrigens noch speziell auf die Werke über Pflanzen- und Tiergeographie, unter den letzteren namentlich auf die von Wallace und Moritz Wagner, verwiesen sein soll, wird sein Augenmerk aber zunächst auf Werke allgemeineren Inhalts lenken, worunter ihm von älteren oder schon in einer Reihe von Auflagen vorliegenden neben den zahlreiche Einzelheiten und Litteraturangaben enthaltenden Werken Charles Darwins namentlich E. Haeckels „Generelle Morphologie der Organismen" (Berlin 1866, 2 Bde.), sowie desselben Autors „Natürliche Schöpfungsgeschichte" (Berlin 1866 etc. etc.) und „Anthropogenie" (Leipzig 1874 etc.) empfohlen seien. Darwin und später Haeckel geben der von 1860 bis etwa 1885 erschienenen Litteratur über allgemeine Fragen der Entwickelungslehre, namentlich in der Zoologie, ihr charakteristisches Gepräge, das auch den meisten Aufsätzen in der inzwischen eingegangenen Zeitschrift „Kosmos" aufgedrückt ist. Ungefähr seit Mitte der 1880er Jahre beeinflusst A. Weismann die Litteratur über Entwickelungslehre, insbesondere die zoologische, mehr als jeder andere, weshalb seine Schriften dem Leser zum eingehenden Studium empfohlen seien. Neuerdings hat aber Wilhelm Roux, der eigentliche Begründer der „Entwickelungsmechanik", einen maassgebenden Einfluss, wiederum in erster Linie auf die zoologische Forschung und Litteratur, gewonnen.

Seine zahlreichen und früher zu sehr zerstreuten Schriften sind neuerdings, in zwei Bänden gesammelt, erschienen und finden ihre Fortsetzung in Rouxs Abhandlungen in dem von ihm begründeten und redigierten „Archiv für Entwickelungsmechanik der Organismen", das seit 1894 in Leipzig erscheint. Eine Besprechung der Anschauungen und Lehren über die Struktur des Plasmas und die wichtigsten Fragen der allgemeinen Entwickelungslehre nebst einem langen Litteraturverzeichnis bringt das Werk von Yves Delage „La structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale" (Paris 1895). Im folgenden Verzeichnis ist eingehender nur die Litteratur der drei letzten Jahre berücksichtigt, und zwar, wie im ersten Abschnitte, zu dem Zwecke, dem der Entwickelungsmechanik ferner Stehenden einen Begriff von der Ausdehnung, die sie gegenwärtig schon erreicht hat, zu geben. Wer dieses Verzeichnis zu vervollständigen wünscht, wird solches mit Hilfe der hier aufgezählten Schriften leicht können. Aufsätze über entwickelungstheoretische Fragen findet der Leser fortgesetzt im „Biologischen Centralblatt", in „Natural Science" und anderen Zeitschriften, Litteraturberichte im „Zoologischen" und „Anatomischen Anzeiger", Referate im „Quarterly Journal of Microscopical Science", im „Archiv für Entwickelungsmechanik", in der englischen Zeitschrift „Nature", die auch oft lange Diskussionen bringt, in den „Ergebnissen der Anatomie und Entwickelungsgeschichte" und in Yves Delages „Année biologique". Ausserdem seien ihm die betreffenden allgemeinen Abschnitte in den zoologischen, botanischen, anatomischen und physiologischen Jahresberichten empfohlen. Sollte sich jemand für die Entwickelungsgeschichte der Anschauungen des Verfassers und für die Behandlung interessieren, die er den im vorliegenden „Grundriss" behandelten und anderen Fragen anderswo hat angedeihen lassen, so mag er zu dessen im Litteraturverzeichnis aufgeführten Büchern und Aufsätzen greifen.

1896.

Ammon, O., Der Abänderungsspielraum. Naturw. Wochenschr. 11. Bd.

Archambaut, L., De la polydactylie au point de vue héréditaire; Coincidence des malformations avec les tares neuropathiques. Paris.

Bailey, L. H., Variation after Birth. Amer. Naturalist. Vol. 30.

Baldwin, J. M., Consciousness and evolution. Amer. Naturalist. Vol. 30.

— Physical and Social Heredity. Amer. Naturalist. Vol. 30.

— A Note on Dr. Herbert Nichol's paper (Amer. Nat., Sept. 1896). Amer. Naturalist. Vol. 30. („A new Factor in Evolution".)

Bateson, W., On the Colour-variations of a Beetle of the Family Chrysomelidae, statistically examined. Proc. Zool. Soc. London. 1895.

Bather, F. A., The Inheritance of Specific Characters. Nature. Vol. 55.

Beard, J, Further Remarks on the Phenomena of Reproduction in Animals and Plants. Anat. Anz. 11. Bd.

Bell, A. L., The influence of a previous sire. Journ. of Anat. and Physiol. Vol. 30.

Bergh, R. S., Über den Begriff der Heteromorphose. Arch. f. Entwickelungsmech. 3. Bd.

Bethe, A., A Carcinus with right-handed walking leg on the left side of the abdomen. Journ. Mar. Biol. Ass. N. S. Vol. 4.

— Ein Carcinus maenas (Taschenkrebs) mit einem rechten Schreitbein an der linken Seite des Abdomens. Ein Beitrag zur Vererbungstheorie. Arch. f. Entwickelungsmech. 3. Bd.

Boas, J. E. V., Über Neotenie. Festschr. C. Gegenbaur. Auch apart. Leipzig.

Brandes, G., Über den Einfluss veränderter Ernährung auf die Struktur des Vogelmagens. Leopoldina, XXXII.

Bütschli, O., Betrachtungen über Hypothese und Beobachtung. Verhandlgn. deutsch. zool. Ges. 6. Jahresvers.

Cattaneo, G., Le gobbe e le callosità dei cammelli in rapporto colla questione dell' ereditarietà dei caratteri acquisiti. Monit. Zool. Ital. 7. Ann.

Cattell, J. McKeen, The material and the efficient causes of evolution. Science, Vol. 8.

Celesia, P., Ricerche sperimentali sulla eredità progressiva. Boll. Zool. Anat. Comp. Genova. No. 40.

Chapman, T. A., An Experiment bearing on the number of larval instars, and the distinctness of larval and pupal instars in Lepidoptera. Ent. Monthly Mag. (2). Vol. 7 (32).

Conklin, E. G., Discussion of the Factors of Organic Evolution from the Embryological Standpoint. Proc. Amer. Philos Soc. Philad. Vol. 35.

Cope, E. D., The primary Factors of Organic Evolution. Chicago.

Crampton, H. E., jr., Experimental Studies on Gasteropod Development. With an Appendix by Edmund B. Wilson. Arch. f. Entwicklungsmech. 3. Bd.

Cunningham, J. T., The Utility of Specific Characters. Nature, Vol. 54.
— Measurements of Crabs. Nature, Vol. 54.
Dahl, F., Vergleichende Untersuchungen über die Lebensweise wirbelloser Aasfresser. Sitzgsber. k. preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1896. II.
— Die Verbreitung der Tiere auf hoher See. Sitzgsber. k. pr. Akad. Wiss. Berlin, 1896, XXXII
Danilewsky, B., De l'influence de la lécithine sur la croissane des animaux à sang chaud. C. R. Ac. Sc. Paris. T. 123.
Dantec, F. Le, Théorie nouvelle de la vie. Paris.
— Une Théorie nouvelle de la vie. Revue Univers. Bruxell. 2. Ann.
— Individualité et polyzoisme. Revue Scient. (4.) T. 5.
Davenport, C. B., and H. V. Neal, Studies in Morphogenesis. V. On the Acclimatisation of Organisms to poisonous Chemical Substances. Arch. f. Entwickelungsmech. 2. Bd.
Delage, Y., La question du polyzoisme et la définition de l'individu. Revue Scient. (4.) T. 5.
— La conception polyzoïque des Êtres. Revue Scientif. (4.) T. 5.
Driesch, H., Die taktische Reizbarkeit der Mesenchymzellen von Echinus microtuberculatus. Arch. f. Entwicklgsmech. 3. Bd.
— Über den Anteil zufälliger individueller Verschiedenheiten an ontogenetischen Versuchsresultaten. Arch. f. Entwicklgsmech. 3. Bd.
— Die Maschinentheorie des Lebens. Biol. Centralbl. 16.
— Bemerkungen zu den von T. H. Morgan und mir angestellten Versuchen an Ctenophoreneiern und ihrer Kritik. Zool. Anz. 19. Bd.
— Zur Analyse der Reparationsbedingungen bei Tubularia. Festschr. Naturf. Ges. Zürich. 2. T.
— Über einige primäre und secundäre Regulationen in der Entwicklung der Echinodermen. Arch. f. Entwicklgs.-mech. 4. Bd.
Dyer, W. T. T., The Utility of Specific Characters. Nature, Vol. 54.
Eimer, G. H. T., Über bestimmt gerichtete Entwickelung (Orthogenesis) und über Ohnmacht der Darwinschen Zuchtwahl bei der Artbildung. C. R. 3. Congr. Internat. Zool. Leyde.
Emery, C., Gedanken zur Descendenz- und Vererbungstheorie. Biol. Centralbl. 16. Bd.
— Le Polymorphisme des Fourmis et la Castration alimentaire. C. R. 3. Congr. Intern. Zool. Leyde.
Fischel, A., Über Variabilität und Wachstum des embryonalen Körpers. Morphol. Jhrb. 24. Bd.
Fischer, A., Über Beeinflussung und Entwicklung des Pigments. Arch. f. mikr. Anat. 47. Bd.
Fischer, E., Neue experimentelle Untersuchungen und Betrachtungen über das Wesen und die Ursachen der Aberrationen in der Faltergruppe Vanessa. Berlin.
Fujita, T., Notes of some Experiments on Molluscan Eggs. Zool. Mag. Tokyo, Vol. 8.
Garbowski, T., Einige Bemerkungen über biologische und philosophische Probleme. Wien und Leipzig.
Garman, S., Cross Fertilisation and Sexual Rights and Lefts among Vertebrates. Amer. Naturalist, Vol. 30.
Garstang, W., The Utility of Specific Characters. Nature, Vol. 54.
Gaudry, A., Essai de Paléontologie philosophique. Paris.
Gemmill, J. F., On some Cases of Hermophroditism in the Limpet (Patella), with Observations regarding the Influence of Nutrition on Sex in the Limpet. Anat. Anz. 12. Bd.
Gill, T., The former northward extension of the Antarctic Continent. Nature. Vol. 53.
Götz, M., Analyse d'un article de M. Jean Kiener sur l'hérédité. Bull. Soc. Sc. Strassbourg, T. 8.
Graf, A., The Problem of the Transmission of Acquired Characters. Zool. Anz. 19. Bd.
Graff, L. v., Die Zoologie seit Darwin. Graz.
Guldberg, F. O., Über die Zirkularbewegung als tierische Grundbewegung, ihre Ursache, Phänomenalität und Bedeutung. Biol. Centralbl. 16. Bd.
Gurwitsch, A., Über die formative Wirkung des veränderten chemischen Mediums auf die embryonale Entwicklung. Arch. f. Entwicklungsmech. 3. Bd.
Gutberlet, C., Der Mensch. Sein Ursprung und seine Entwicklung. Eine Kritik der mechanisch-monistischen Anthropologie. Paderborn.
Haacke, W., Zur Stammesgeschichte der Instinkte und Schutzmale. Biol. Centralbl. 16. Bd.
— Entwicklungsmechanische Untersuchungen. I. Über numerische Variation typischer Organe und korrelative Mosaikarbeit. II. Über eine Serie bemerkenswerter Fälle von Topo- und Alloplasie. III. Über einen Fall

gemeinsamen Auftretens verschiedener Missbildungen und deren Abhängigkeit von der körperlichen Lage. Biol. Centralbl. 16. Bd.
Habenicht, H., Grundriss einer exakten Schöpfungsgeschichte. Wien, Pest, Leipzig.
Haeckel, E., Systematische Phylogenie. 2. Teil. (Invertebrata.) Berlin.
Hammar, J. A., Über einen primären Zusammenhang zwischen Furchungszellen des Seeigeleies. Arch. f. mikr. Anat. 47. Bd.
Harcourt-Bath, W., On seasonal dimorphism in British Butterflies. The Entomologist, Vol. 29.
Hedley, C., Considerations of the Surviving Refugees in Austral Lands of Ancient Antarctic Life. Ann. of Nat. Hist. (6.). Vol. 17.
Herbst, C., Über die Regeneration von antennen-ähnlichen Organen an Stelle von Augen. Festschr. Naturf. Ges. Zürich, 2. T.
— Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der veränderten chemischen Zusammensetzung des umgebenden Mediums auf die Entwicklung der Tiere. III.—VI. Teil. Arch. f. Entwicklungsmech. 2. Bd.
Herlitzka, A., Zweiter Beitrag zur Kenntnis der Entwicklungsfähigkeit der beiden ersten Blastomeren bei dem Kammolch (Molge cristata). Centralbl. f. Physiol. 10. Bd.
Hertwig, O., Experimentelle Erzeugung tierischer Missbildungen. Festschr. C. Gegenbaur, 2. Bd. Auch apart. Leipzig.
Hescheler, K., Über Regenerationsvorgänge bei Lumbriciden. Jena. Zeitschr. f. Naturwiss. 30. Bd.
Hills, N. E., The Inheritance of an Acquired Character. Amer. Naturalist. Vol. 30.
Hueppe, F., Naturwissenschaftliche Einführung in die Bakteriologie. Wiesbaden.
Huppert, Über die Erhaltung der Arteigenschaften. Prag.
Hutton, F. W., Theoretical Explanations of the Distribution of Southern Faunas. Proc. Linn. Soc. N. S. Wales. Vol. 21.
Hyatt, A., Lost Characteristics. Amer. Naturalist. Vol. 30.
Hyatt, A. and G. M. Arms, The Meaning of Metamorphosis. Natural Science. Vol. 8.
Janet, A., Considérations mécaniques sur l'évolution et le problème des espèces. C. R. 3. Congr. Internat. Zool. Leyde.
Joest, E., Transplantationsversuche an Regenwürmern. Sitzgsber Ges. z. Beförd. d. ges. Naturw. Marburg. Jhg. 1895.
Kane, W. F. des Vismes, Observations on the development of Melanism in Camptogramma bilineata. Irish Naturalist. Vol. 5.
Kennel, J., Studien über sexuellen Dimorphismus, Variation und verwandte Erscheinungen. I. Der sexuelle Dimorphismus bei Schmetterlingen und Ursachen desselben. Schrift. hrsg. v. d. Naturf. Gesch. Jurjeff (Dorpat). 11. Bd.
Kopsch, F., Experimentelle Untersuchungen über den Keimhautrand der Salmoniden. Verhdlgn. Anat. Ges. 10. Vers.
Lankester, C. R., Are Specific Characters usefull? Nature, Vol. 54.
— The Utility of Specific Characters. Nature, Vol. 54.
Lillie, F. R., On the smallest Parts of Stentor capable of regeneration; a Contribution on the limits of divisibility of living matter. Journ. of Morphol. Vol. 12.
Linden, Gräfin M. v., Die Entwicklung der Skulptur und der Zeichnung bei den Gehäuseschnecken des Meeres. Zeitschr. f. wiss. Zool. 61. Bd.
Loeb, J., Über den Einfluss des Lichtes auf die Organbildung bei Tieren. Arch. f. d. ges. Physiol. 63. Bd.
Loeb, J., und Walter E. Garry, Zur Theorie des Galvanotropismus. II. Mitteilung. Versuche an Wirbeltieren. Arch. f. d. ges. Physiol. 65. Bd.
MacMillan, C., The Relation between Metazoan and Metaphytic Reproduction Processes. Anat. Anz. 11. Bd.
Malaquin, A., Epigamie et Schizogamie chez les Annélides. Zool. Anz. 19. Bd.
Martens, E. v., Unterschied zwischen Rechts und Links bei einigen Fischen. Sitzgsber. Ges. Nat. Fr. Berlin.
Masterman, A. T., On some points in the General Morphology of the Metazoa considered in connection with the physiological processes of Alimentation and Excretion. Zool. Anz. 19. Bd.
Matschie, P., Geographische Fragen aus der Säugetierkunde. Verhdlgn. Ges. f. Erdkde. Berlin. 23. Bd.
McLachlan, R., Singular Monstrosity in a Dragon-fly. Entom. Monthly Mag. (2.) Vol. 7 (32.).
Meldola, R., The Inheritance of Specific Charakters. Nature, Vol. 55.
— The Utility of Specific Characters. Nature, Vol. 54.
Milani, A., Über rudimentäre Organe

bei Tieren und ihre Bedeutung für die Abstammungslehre. 41. Ber. Naturk. Kassel.

Minot, C. S., On Heredity and Rejuvenation. Amer. Naturalist. Vol. 30.

Mivart, St. G., Are Specific Characters the Result of „Natural Selection"? Nature. Vol. 54.

Moffat, C. B., „Mingling of North and South". Irish Naturalist. Vol. 5.

Moltz, A., Factors which decide Sexuality. Agric. Gaz. N. S. Wales. Vol. 6.

Moniez, R., Traité de parasitologie animale et végétale appliquée à la médecine. Paris.

Montgomery, T. H., Organic Variation as a Criterion of Development. Journ. of. Morphol. Vol. 12.

Morris, Ch., Life before Fossils. Amer. Naturalist. Vol. 30.

Müller, E., Über die Regeneration der Augenlinse nach Exstirpation derselben bei Triton (Molge). Arch. f. mikr. Anat. 47. Bd.

— Über die Abstossung und Regeneration des Eidechsenschwanzes. Jahreshefte Ver. vaterl. Naturk. Württbg. 52. Jhg.

Murray, J., The general conditions of existence and distribution of marine organisms. C. R. 3. Congr. Internat. Zool. Leyde.

Nichols, H., Prof. Baldwin's „New Factor in Evolution". Amer. Naturalist. Vol. 30.

Nussbaum, M., Die mit der Entwickelung fortschreitende Differenzierung der Zellen. Biol. Centralbl. 16. Bd.

Ortmann, A. E., Über „Bipolarität" in der Verbreitung mariner Tiere. Zool. Jahrbb. Abt. f. System. 9. Bd.

— Separation, and its bearing on Geology and Zoogeography. Amer. Journ. Sc. (4.) Vol. 4.

Pearson, K., Contributions to the Mathematical Theory of Evolution. III. Proc. Roy. Soc. London. Vol. 59.

— Reproductive Selection. Natural Science. Vol. 8.

— The Utility of Specific Characters, Nature, Vol. 54.

Pelzeln, A. v., Einige Bemerkungen über Tier-Geographie. „Die Schwalbe". 14. Jhg.

Poulton, E. B., Opening Address (Section D, Brit. Assoc.) Nature. Vol. 54. (On the Theory of Natural Selection).

Preiswerk, G., Schmelzstruktur und Phylogenie. Anat. Anz. 11. Bd.

Quinton, Les températures animales dans les problémes de l'évolution. C. R. Ac. Sc. Paris, T. 122.

Rawitz, B., Über den Einfluss verdünnten Seewassers auf die Furchungsfähigkeit der Seeigeleier. Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt.

Ritter, W. E., Some Facts and Reflections drawn from a Study of Budding in Compound Ascidians. Rep. 65. Meet. Brit. Ass.

Roux, W., Über die Selbstordnung (Cytotaxis) sich „berührender" Furchungszellen des Froscheies durch Zellenzusammenfügung, Zellentrennung und Zellengleiten. Arch. f. Entwicklgsmech. 3. Bd.

— Über den Anteil von „Auslösungen" an der individuellen Entwickelung. Arch. f. Entwickelungsmech. 4. Bd.

— Über die Bedeutung „geringer" Verschiedenheiten der relativen Grösse der Furchungszellen für den Charakter des Furchungsschemas nebst Erörterungen über die nächsten Ursachen der Anordnung und Gestalt der ersten Furchungszellen. Arch. f. Entwicklungsmech. 4. Bd.

— Berichtigungen zu H. Driesch's Aufsatz: „Betrachtungen über die Organisation des Eies." Arch. f. Entwicklungsmech. 4. Bd.

— Berichtigung zu dem Artikel in No. 9 dieses Blattes von H. Driesch, über die Maschinentheorie des Lebens. Biol. Centralbl. 16. Bd.

Sabatier, A., La domaine philosophique de la Zoologie. Bull. Soc. Zool. France. T. 21.

Saint-Loup, R., Les causes de la disjonction des espèces. Paris.

Samassa, P., Über die Begriffe „Evolution" und „Epigenese", Biol. Centralbl. 16. Bd.

Schellwien, R., Der Darwinismus und seine Stellung in der Entwicklung der wissenschaftlichen Erkenntnis. Leipzig.

Schenk, L., Über Anomalien an Eiern von Echinodermen nach der Befruchtung. Anz. K. Akad. Wiss. Wien.

Schenk, S. L., Anomalien an den Eiern von Echinodermen nach der Befruchtung. Sitzgsber. k. Akad. Wiss. Wien. Math.-nat. Cl. 105. Bd.

Schimkewitsch, W., Zur Frage über die Incestzucht. Biol. Centralbl. 16. Bd.

Schlater, G., Einige Gedanken über die Vererbung. Biol. Centralbl. 16. Bd.

Schröder, C., Experimental-Untersuchungen bei den Schmetterlingen und deren Entwickelungszuständen. Illustr. Wochenschr. f. Entomolog. 1. Jhg.

Sedgwick, A., On the law of development commonly known as von Bär's

Law and on the significance of ancestral rudiments in embryonic development. Reprinted: Stud. Morph. Lab. Univ. Cambridge. Vol. 6.

Seeliger, O., Natur und allgemeine Auffassung der Knospenfortpflanzung der Metazoen. Verhdlgn. deutsch. zool. Ges. 6. Vers.

— Bemerkungen über Bastardlarven der Seeigel. Arch. f. Entwicklgsmech. 3. Bd.

Simroth H., Über die einfachen Farben im Tierreich. Biol. Centralb. 16. Bd.

Smith, F. A., La filiation des espèces d'animaux. C. R. 3. Congr. Internat. Zool. Leyde.

Sokolowsky, A., Über die Beziehungen zwischen Lebensweise und Zeichnung bei Säugetieren Zürich.

Standfuss, M., Handbuch der paläarktischen Gross-Schmetterlinge. 2. Aufl. Jena.

Strassen, O. zur, Embryonalentwicklung der Ascaris megalocephala. Arch. f. Entwicklgsmech. 3. Bd.

— Riesenembryonen bei Ascaris. Biol. Centralbl. 16. Bd.

Thayer, A. H., The Law which underlies protectional coloration. The Auk, Vol. 13.

— Further Remarks on the Law which underlies protectional coloration. The Auk, Vol. 13.

Thompson, H., Measurements of Crabs. Nature, Vol. 55.

Tornier, G., Über Hyperdaktylie, Regeneration und Vererbung, mit Experimenten. Arch. f. Entwicklgsmech. 3. Bd.

— Über Hyperdaktylie und Regenerationsexperimente und über eine neue Vererbungstheorie. Sitzgsber. Ges. Nat. Fr. Berlin.

Urech, F., Beobachtung von Kompensationsvorgängen in der Farbenzeichnung bezw. unter den Schuppenfarben an durch thermische Einwirkungen entstandenen Aberrationen und Subspecies einiger Vanessa-Arten. Erwägungen darüber und über die phyletische Rekapitulation der Farbenfelderung in der Ontogenese. Zool. Anz. 19. Bd.

Verhoeff, C., Über Wundheilung bei Carabus. Zool. Anz. 19. Bd.

Viré, A., Modifications apportées aux organes de relation et de nutrition chez quelques Arthropodes par leur séjour dans les cavernes. C. R. Ac. Sc Paris. T. 122.

Vuillemin, P., Assimilation et activité. C. R. Ac. Sc. Paris. T. 122. N. Z.

Wade, W., Inheritance of Artificial Mutilations. Amer. Naturalist. Vol. 30.

Wasmann, E., Die Myrmekophilen und Termitophilen. C. R. 9. Congr. Internat. Zool. Leyde.

— Zur neueren Geschichte der Entwicklungslehre in Deutschland. Eine Antwort auf Wilh Haacke's „Schöpfung des Menschen". Natur und Offenbarung. 42. Bd. Auch Sonderabdr. Münster i. W.

Weber, L., Über Missbildungen bei Käfern. Abhdlgn. u. 40. Ber. f. Naturk. Kassel.

Weismann, A., Über Germinal-Selektion. Eine Quelle bestimmt gerichteter Variation. Jena.

Weldon, W. F. R., The Utility of Specific Characters. Nature, Vol. 54.

— Measurements of Crabs. Nature, Vol. 55.

Werner, F., Über die Schuppenbekleidung des regenerierten Schwanzes bei Eidechsen. Anz. K. Akad. Wiss. Wien.

Wetterhan, D., The Utility of Specific Characters. Nature, Vol. 54.

Wilser, L., Über Vererbungstheorien. Verh. Naturw. Ver. Karlsruhe. B. 11.

Wilson, C. D., The Wrinkling of Frog's Eggs during Segmentation. Amer. Naturalist, Vol. 30.

Wilson, G., Hereditary Polydactylism. Journ. of. Anat. and Physiol. Vol. 30.

Wolff, G., Der gegenwärtige Stand des Darwinismus. Leipzig.

E. H. A., The Influence of Mind in Evolution. Natural Science, Vol. 9.

?, Materialismus und Neo-Vitalismus. Gaea. 1896.

1895.

Altum, B., Verschieben der Verbreitungsgrenze der Nebel- und Rabenkrähe von Ost nach West. Ornith. Monatsber. 3. Jhg.

Appelöf, A., Über einige Resultate der Kreuzbefruchtung bei Knochenfischen. Bergens Mus. Aarbog, 1894/95.

Arndt, R., Biologische Studien. II. Artung und Entartung. Greifswald.

Arthur, J. C., The Distinction between Animals and Plants. Amer. Naturalist, Vol. 29.

Barfurth, D., Versuche über die parthenogenetische Furchung des Hühnereies. Arch. f. Entwicklungsmech. 2. Bd.

Barker, C. W., Notes on Seasonal Dimorphism of Rhopalocera in Natal. Trans. Entom. Soc. London.

Barrett, C. G., Increasing melanism in the British Geometridae. Entom. Monthly Mag. (2.) Vol. 6.

Bauer, R. W., Über das Verhältnis von Eiweiss zu Dotter und Schale in Vogeleiern. Biol. Centralbl. 15. Bd.

Beard, J., On the Phenomena of Reproduction in Animals and Plants, on antithetic Alternation of Generations and on the Conjugation of the Infusoria. Anat. Anz. 11. Bd.
Beddard, F. E., A Text-book of Zoogeography. London.
Bennett, A. W., What is a Tendency? Science Progress. Vol. 3.
Bergh, R. S., Vorlesungen über allgemeine Embryologie. Wiesbaden.
— Über die relativen Teilungspotenzen einiger Embryonalzellen. Arch. für Entwicklungsmech. 2. Bd.
Bickford, E. E., Über die Morphologie und Physiologie der Ovarien der Ameisen-Arbeiterinnen. Zool. Jahrbb. Abt. f. System. 9. Bd.
— Notes on regeneration and heteromorphosis of Tubularian Hydroids. Journ. of Morpholog. Vol. IX.
Blanchard, R., Maladies parasitaires, parasites animaux, parasites végétaux à l'exclusion des bactéries, in Bouchard, Traité de pathologie générale. T. 2.
Born, G., Über die künstliche Vereinigung lebender Teilstücke von Amphibienlarven. 72. Jahresber. Schles. Ges f. vaterl. Kult.
— Über neue Kompressionsversuche an Froscheiern. 72. Jahresber. Schles. Ges. f. vaterl. Kult.
Braem, F., Was ist ein Keimblatt? Biol. Centralbl. 15. Bd.
— Mitteilung über den Einfluss des Gefrierens auf die Entwickelung tierischer Keime. 72. Jahresber. Schles. Ges. f. vaterl. Kult.
— Berichtigung zu Berghs Vorlesungen über allgemeine Embryologie. Zool. Anz. 18. Jhg.
Brooks, W. K., The origin of the Oldest Fossils and the Discovery of the Bottom of the Ocean. Johns Hopk. Univ. Circ. Vol. XIV.
Brucker, A., Croissance et differenciation. Bull. Scientif. France et Belg. T. 26.
Chun, C., Die Knospungsgesetze der proliferierenden Medusen in Chun, Atlantis. Bibliotheca Zoologica, 19. Heft.
— Bemerkungen über den Aufsatz von H. Driesch und T. H. Morgan „Von der Entwicklung einzelner Ctenophorenblastomeren." Arch. f. Entwicklungsmechanik. 2. Bd.
Clark, J., The Influence of Previous Fertilisation of the Female on her Subsequent Offspring. Rep. 64. Meet. Brit. Assoc.
Cleland, J., „Acquired Characters." Nature, Vol. 51.
Clodd, E., A Primer of Evolution. London.
Coe, C. C., Nature versus Natural Selection. London.
Coutagne, G., La biologie dans ses rapports avec les sciences physicochimiques. Revue Scientific. (4.) T. 3.
— Remarques sur l'hérédité des caractères acquis. Lyon.
Coste, F. H. P., The Methods of Organic Evolution. Natural Science. Vol. VI.
Cunningham, J. T., The Origin of Species among Flat-fishes. Natural Science, Vol. VI.
— „Acquired Characters." Nature, Vol. 51.
— The Statistical Investigation of Evolution. Nature, Vol. 51.
Dahl, F., Die Verbreitung freischwimmender Tiere im Ocean. Schrift. Naturw. Ver. Schleswig-Holst. 10. Bd.
Davenport, C. B., Studies in Morphogenesis. IV. A preliminary Catalogue of the processes concerned in Ontogeny. Bull. Mus. Comp. Zool. Vol. 27.
Davenport, C. B. and W. E. Castle, Studies in Morphogenesis. III. On the Acclimatisation of Organisms to High Temperatures. Arch. f. Entwicklungsmech. 2. Bd.
Delage, Y., La structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale. Paris.
Dixey, F. A., On the Epidermis of the Plantar Surface and the Question of Use-Inheritance. Rep. 64. Meet. Brit. Assoc.
— On the Relation of Mimetic Characters to the Original Form. Rep. 64. Meet. Brit. Assoc.
Dixon, C., The Migration of British Birds, etc. London.
Douglas, G. N., On the Darwinian Hypothesis of Sexual Selection. Part. I, II. Natural Science, Vol. 7.
Dreyer, F., Studien zu Methodenlehre und Erkenntniskritik. Leipzig.
— Ergebnisse von Forschungen in lebensgesetzlicher und mechanisch-ätiologischer Hinsicht. Biol. Centralbl. 15. u. 16. Bd.
Driesch, H., Von der Entwicklung einzelner Ascidienblastomeren. Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.
— Zur Analysis der Potenzen embryonaler Organzellen. Arch. f. Entwicklungsmech. 2. Bd.
Driesch, H. und T. H. Morgan, Zur Analysis der ersten Entwicklungsstadien des Ctenophoreneies. I. u. II. Arch. f. Entwicklungsmech. 2. Bd.
Duncker, G., Variation und Verwandtschaft von Pleuronectes flesus L. und

Pl. platessa L., untersucht mittels der Heinckeschen Methode. Inaug.-Diss. Kiel.
Dwight, T., The Significance of Anomalies. Amer. Naturalist. Vol. 28.
Earle, C., On a supposed case of parallelism in the genus Palaeosyops. Amer. Naturalist, Vol. 29.
Eigenmann, C. H., The Study of Variation. Turkey Lake as a Unit of Environment and the Variation of its inhabitants. Pt. 3. Proc. Indiana Acad. Sc. No. 5.
— Leuciscus balteatus (Richardson), a study in variation. Amer. Naturalist. Vol. 29.
Eimer, G. H. T., Über die Artbildung und Verwandtschaft bei den schwalbenschwanzartigen Schmetterlingen. Verhandlungen deutsch. zool. Ges. 5. Vers.
— Über die Artbildung und Verwandtschaft bei den Schmetterlingen. II. Jena.
— Über das Gesetz der Ausgleichung. Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Naturk. Württbg. 51. Jhg.
Endres, H., Anstichversuche an Eiern von Rana fusca. I. Theil. Beobachtungen von H. Endres u. H. E. Walter. Mitgeth. von H. Endres. Arch. für Entwicklungsmech. 2. Bd.
— Anstichversuche an Froscheiern. 72. Jahresber. Schles. Ges. f. vaterl. Cult.
Escherich, K., Zwei Fälle von Anpassung. Verhdlgn. k. k. zool.-bot. Ges. Wien.
Féré, C., Note sur les effets différents sur l'évolution de l'embryon du poulet d'une même substance, suivant les doses. C. R. Soc. Biol. Paris.
— Note sur l'influence de l'exposition préalable des oeufs de poule aux vapeurs de phosphore sur l'évolution de l'embryon. C. R. Soc. Biol. Paris. T. 2.
Fischer, E., Transmutation der Schmetterlinge infolge Temperaturänderungen. Experimentelle Untersuchungen über die Phylogenese der Vanessen. Berlin.
Forel, A., Über den Polymorphismus und Ergatomorphismus der Ameisen. Verhdlgn. d. Ges. deutsch. Naturf. u. Ärzte. 66. Vers. Wien.
Friedländer, B., Über die Regeneration herausgeschnittener Teile des Centralnervensystems von Regenwürmern. Zeitschr. f. wiss. Zool. 60. Bd.
Galton, F., Questions bearing on Specific Stability. Trans. Entom. Soc. London.
Garbowski, T., Biologie im Lichte phänomenalistischer Metaphysik. Verhandlungen k. k. zool.-bot. Ges. Wien. 14. Bd.
Garbowski, T., Gegen die Mosaiktheorie. Verhandlgn. k. k. zool.-bot. Ges. Wien. 45. Bd.
— Kausalanalytische Theorie der epigenetischen Evolution mit dreifacher Rhythmusharmonie in den Ontogenese. Biol. Centralbl. 15. Bd.
Garman, S., Sexual Rights and Lefts. Amer. Naturalist, Vol. 29.
Giacomini, C., Influence de l'air raréfié sur le développement de l'oeuf de poule. Arch. Ital. Biol. T. XXII.
Gilchrist, J. D. F., On the Torsion of the Molluscan Body. Proc. Roy. Soc. Edinburgh. Vol. 20.
Gley, et Charrin, Influences héréditaires expérimentales. C. R. Soc. Biol. Paris (9.) T. V.
Grabham, M., Darwin and Darwinism. Journ. Instit. of Jamaica. Vol. 2.
Graf, A., Über den Ursprung des Pigmentes und der Zeichnung bei den Hirudineen. Zool. Anz. 18. Jhg.
Gurwitsch, A., Über die Einwirkung des Lithionchlorids auf die Entwicklung der Frosch- und Kröteneier (R. fusca und Bufo vulgaris). Anat. Anz. 11. Bd.
Haacke, W., Die Schöpfung des Menschen und seiner Ideale. Jena.
— Über Wesen, Ursachen und Vererbung von Albinismus und Scheckung und über deren Bedeutung für vererbungstheoretische und entwicklungsmechanische Fragen. Biol. Centralbl. 15. Bd.
— Lange Krallen und Haare als Erzeugnisse der Rückbildung durch Nichtgebrauch. Biol. Centralbl. 15. Bd.
— Die Bedeutung der Befruchtung und die Folgen der Incestzucht. Biol. Centralbl. 15. Bd.
— Kritische Beiträge zur Theorie der Vererbung und Formbildung. Biol. Centralbl. 15. Bd.
— Der Beweis für die Notwendigkeit der Vererbung erworbener Eigenschaften. Biol. Centralbl. 15. Bd.
Haeckel, E., Systematische Phylogenie. II. Wirbeltiere. Berlin.
Haycraft, J. B., Darwinism and Race Progress. London.
— The Rôle of Sex. I. The use of the term Sex. Natural Science, Vol. 7.
— The Rôle of Sex. II. The Utility of Conjugation. Natural Science, Vol. 7.
— The Rôle of Sex. Appendix. Natural Science, Vol. 7.
— On the Rôle of Sex Evolution. Rep. 64. Meet. Brit. Assoc.
Henslow, G., Individual Variations. Natural Science, Vol. 6.
— Bud-Variation and Evolution. Natural Science, Vol. 7.
Herbst, C., Über die Bedeutung der

Reizphysiologie für die causale Auffassung von Vorgängen in der tierischen Ontogenese. II. Hauptteil. Die formativen oder morphogenen Reize. Biol. Centralbl. 15. Bd.
Herlitzka, A., Contributo alla studio della capacità evolutiva dei due primi blastomeri nell' uovo di tritone (Triton [Molge] cristatus). Arch. f. Entwicklungsmech. 2. Bd.
Hertwig, O., Beiträge zur experimentellen Morphologie und Entwicklungsgeschichte. Arch. f. mikr. Anat. 44. Bd.
Hicks, H., On the Homes and Migrations of the Earliest Forms of Animal Life as indicated by Recent Researches. Rep. 64. Meet. Brit. Assoc.
Hiller, H. C., Evolution or Epigenesis? Nature, Vol. 52.
Hirota, S., Anatomical Notes on the „Comet" of Linckia multifora Lamarck. The Zool. Magaz. Tokyo, Vol. VII.
Hjort, J. und Frl. Bonnevie, Über die Knospung von Distaplia magnilarva. Anat. Anz. 10. Bd.
Hyatt, A., Phylogeny of an acquired Characteristic. Proc. Amer. Philos. Soc. Vol. XXXII.
James, J. F., The First Fauna of the Earth. Amer. Naturalist, Vol. 29.
Jordan, E. O., and A. C. Eycleshymer, On the cleavage of Amphibian ova. Journ. of Morphol. Vol. IX.
Kanthack, A. A., and W. B. Hardy, On the Character and Behaviour of the Wandering (Migrating) Cells of the Frog, especially in relation to Microorganisms. Philos. Trans. Roy. Soc. London, Vol. 185.
Keller, C., Vererbungslehre und Tierzucht. Berlin.
Klebs, G., Über einige Probleme der Physiologie der Fortpflanzung. Jena.
Korschelt, E., Transplantationsversuche an Regenwürmern. Sitzgsber. Ges. z. Beförd. d. ges. Nat. Marburg.
Kostanecki, K., Untersuchungen an befruchteten Echinodermeneiern. Anz. Akad. Wiss. Krakau.
Krafft, G., Die Tierzuchtlehre. Berlin.
Lankester, E. R., The term „acquired characters". Nature, Vol. 51.
Leighton, T., Notes on two cases of transport and survival of terrestrial Mollusca in the New Forest. Proc. Malac. Soc. London, Vol. 1.
Loeb, J., Beiträge zur Entwicklungsmechanik der aus einem Ei entstehenden Doppelbildungen. Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.
— Bemerkungen über Regeneration. Arch. f. Entwicklungsmech. 2. Bd.
MacBride, E. W., Sedgwick's Theory of the Embryonic Phase of Ontogeny as an Aid to Phylogenetic Theory. Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. 37.
Mari, M., De spermatogonii regeneratione in Telphusa fluviatili Latr. (finis). Zool. Res., Ann. I.
Mead, A. D., Preliminary Account of the Cell Lineage of Amphitrite and other Annelids. Journ. of Morphol. Vol. IX.
Mehnert, E., Die individuelle Variation des Wirbeltierembryo. Eine Zusammenstellung. Morph. Arb. Schwalbe, 5. Bd.
Mendelssohn, M., Über den Thermotropismus einzelliger Organismen. Arch. f. d. ges. Physiol. 60. Bd.
Meunier, V., Sélection et perfection animal. Paris.
Minot, C. S., Über die Vererbung und Verjüngung. Biol. Centralbl., 15. Bd.
Mitrophanow, P., Teratogenetische Studien I. Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.
Mitsukuri, K., Experimental Study of Meroblastic Vertebrate Eggs. Anat. Anz. 11. Bd.
Moenkhaus, W. J., Variation of North American Fishes. 2. The variation of Etheostoma caprodes Rafinesque in Turkey Lake and Tippecanoe Lake. — Turkey Lake as a Unit of Environment, etc. P. 2. Proc. Indiana Acad. Sc. No. 5.
Morgan, T. H., Studies of the „Partial" Larvae of Sphaerechinus. Arch. f. Entwicklgsmech. 2. Bd.
— A Study of a Variation in Cleavage. Arch. f. Entwicklsmech. 2. Bd.
— Experimental Studies of the Blastula- and Gastrula-Stages of Echinus. Arch. f. Entwicklgsmech. 2. Bd.
— Half-Embryos and Whole-Embryos from one of the first two Blastomeres of the Froggs Egg. Anat. Anz. 10. Bd.
Mole, R. R., The dimensions of Animals. Trinid. Field Natural. Club.
Montgomery, E., To be alive, what is it? The Monist, Vol. 5.
Morris, C., The extinction of species. Proc. Acad. Nat. Sc. Philad.
— Organic Variation. Amer. Naturalist. Vol. 29.
Murray, J., General Observations on the Distribution of Marine Organisms. Rep. Scient. Res. Challenger, Summary. P. II.
Nicati, W., Premiers principes d'Évolution. Revue Scientif (4) T. 4.
Nusbaum, J., Einige Bemerkungen inbetreff der Entwickelungstheorie von Osc. Hertwig. Biol. Centralbl. 15. Bd.

Nussbaum, M., Die mit der Entwicklung fortschreitende Differenzirung der Zellen. Verhdlgn. Naturhist. Ver. preuss. Rheinl. 51. Jhg.

Oka, A., Über die Knospungsweise bei Syllis racemosa. Zool. Mag. Tokyo. Vol. 7.

Oliver, C. A., A Short Note upon So-called „Hereditary Optic-Nerve-Atrophy". Proc. Amer. Philos. Soc. Vol. 32.

Ortmann, A. E., Grundzüge der marinen Tiergeographie. Jena.

Osborn, H. F., The Hereditary Mechanism and the Search for the unknown Factors of Evolution. Amer. Naturalist. Vol. 29.

Ottolengui, R., Aberration, Variety, Race and Form. Entomol. News, Vol. VI.

Pavesi, P., Sull' importanza del melanismo negli Uccelli. Atti J. R. Accad. degli Agiati (3.) Vol. 1.

Pearson, K., Contributions to the Mathematical Theory of Evolution. Phil. Trans. R. Soc. London. Vol. 185.

Pfeffer, G., Die Entwicklung. Eine naturwissenschaftliche Betrachtung. Berlin.

Plate, L. H., Bemerkungen über die Phylogenie und die Entstehung der Asymmetrie der Mollusken. Zool. Jahrbb. Abtl. f. Anat. 9. Bd.

Poulton, E. B., Theories of Evolution. Proc. Boston Soc. Nat. Hist. Vol. 26.

Preiswerk, G., Beiträge zur Kenntnis der Schmelzstruktur bei Säugetieren mit besonderer Berücksichtigung der Ungulaten. Basel.

— Schmelzstruktur und Phylogenie. Verhandlgn. Anat. Ges. 9. Vers.

Rath, O. vom, Ein Fall von scheinbar bewiesener Telegonie. Biol. Centralbl. 15. Bd.

Retzius, G., Über die Vererbung erworbener Eigenschaften. Retzius, Biol. Untersuchungen. N. F. VII.

Riley, C. V., On Social Insects and Evolution. Rep. 64. Meet. Brit. Ass.

Ris, F., Dr. Standfuss' Experimente über den Einfluss extremer Temperaturen auf Schmetterlingspuppen. Mitteil. Schweiz. Entom. Ges. Vol. 9.

Ritter, W. E., On Budding in Goodsiria and Perophora. Anat. Anz. 10. Bd.

Robertson, C., The Philosophy of Flower Seasons and the Phaenological Relations of the Entomophilous Flora and the Anthophilous Insect Fauna. Amer. Naturalist. Vol. 28.

Rohde, F., Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Entstehung und Vererbung individueller Eigenschaften und Krankheiten. Jena.

Romanes, G. J., Darwin and after Darwin. Part 2. Post-Darwinian Questions, Heredity and Utility. London.

— The Darwinism of Darwin, and of the Post-Darwinian Schools. The Monist, Vol. 6.

— Longevity and Death. The Monist. Vol. 5.

Roux, W., Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen. 2 Bde. Leipzig.

— Über die verschiedene Entwicklung isolierter erster Blastomeren. Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.

— Über die Bedeutung der neuen Versuche an gefurchten und ungefurchten Ctenophoreneiern. Arch. f. Entwicklgsmech. 2. Bd.

— Über die „morphologische Polarisation" embryonaler Objekte durch den elektrischen Strom, insbesondere über die „Specialpolarisation" und die „Generalpolarisation" des in Zellen geteilten Eies. Biolog. Centralbl. 15. Bd.

Ryder, J. A., The Adaptive Forms and Vortex-motion of the Substance of the Red Blood corpuscles of Vertebrates. Proc. Amer. Philos. Soc. Vol. 32.

Sacco, F., Le variazioni dei Molluschi. Boll. Soc. Malacol. Ital. Vol. 18.

Saint-Loup, R., Sur une modification morphologique de l'espèce et sur l'hérédité des caractères acquis. C. R. Ac. Sc. Paris, T. 121.

Samassa, P., Studien über den Einfluss des Dotters auf die Gastrulation und die Bildung der primären Keimblätter bei Wirbeltieren. I. Selachier Arch. f. Entwicklgsmech. 2. Bd.

Schaudinn, F., Über den Dimorphismus der Foraminiferen. Sitzgsber. Ges. Nat. Fr. Berlin.

Service, R., Hybrid Manx Cats: Gradual Restoration of Tail. The Zoologist, (3.) Vol. 19.

Simroth, H., Über den Einfluss des Lichtes auf die Färbung pelagischer Schnecken. Verhdlgn. deutsch. zool. Ges. 5. Vers.

Slaviček, J., Zwei Hymenopterenzwitter. Verhdlgn. Nat. Ver. Brünn. 33. Bd.

Strassen, O. zur, Entwicklungsmechanische Beobachtungen an Ascaris. Verhandlgn. deutsch. zool. Ges. 5. Vers.

Sutherland, Some Quantitative Laws of Incubation and Gestation. Proc. Roy. Soc. Victoria, (N. S.) Vol. 7.

Thomson, J. A., The endeavour after Wellbeing. Natural Science, Vol. 8.

Thiselton-Dyer, W. T., Variation and Specific Stability. Nature, Vol. 51.

Tugwell, W. H., Additional Notes on the increasing melanism in British Geometridae. Entom. Monthly Mag. (2.) Vol. 6.

Villot, A., Les types du règne Animal. L'Échange, Revue Linnéenne, Lyon. 10. Ann.

Vries, H. de, Eine zweigipflige Variationskurve. Arch. f. Entwicklungsmech. 2. Bd.

Wagner, F. v., Aussere Einflüsse als Entwicklungsreize. Biol. Centralbl., 15. Bd.

— Einige Bemerkungen zu O. Hertwig's Entwicklungstheorie. Biol. Centralbl. 15. Bd.

Wasmann, E., Die ergatogynen Formen bei den Ameisen und ihre Erklärung. Biol. Centralbl. 15. Bd.

Weismann, A., Neue Gedanken zur Vererbungsfrage. Jena.

— Neue Versuche zum Saison-Dimorphismus der Schmetterlinge. Zool. Jahrbb. Abt. f. Syst. 8. Bd.

Weldon, W. F. R., Variation in Animals and Plants. Nature, Vol. 51.

— Remarks on Variations in Animals and Plants. Trans. Entom. Soc. London.

Werner, F., Nachträgliche Bemerkungen über die Schlangenzeichnung. Biol. Centralbl. 15. Bd.

Wetzel, G., Über die Bedeutung der cirkulären Furche in der Entwicklung der Schultzeschen Doppelbildungen von Rana fusca. Arch. f. mikr. Anat. 46. Bd.

— Transplantationsversuche mit Hydra. Arch. f. mikr. Anat. u. Entwicklungsgesch. 45. Bd.

Wolff, G., Entwicklungsphysiologische Studien. I. Die Regeneration der Urodelenlinse. Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.

Zittel, K. v., Grundzüge der Palaeontologie (Palaeozoologie). München und Leipzig.

— Palaeontology and the Biogenetic Law. Natural Science. Vol. VI.

Zoja, R., Sullo sviluppo dei blastomeri isolati dalle uova di alcune Meduse (e di altri organismi). Arch. f. Entwicklungsmech. 1. u. 2. Bd.

1894.

Abram, W., Heredity in Bees. Agricult. Gaz. N. S. Wales, Vol. IV.

Bailey, L. H., Neo-Lamarckism and Neo-Darwinism. Amer. Naturalist, Vol. 28.

Ball, W. P., Neuter Insects and Lamarckism. Natural Science, Vol. 4.

Barfurth, D., Die experimentelle Regeneration überschüssiger Gliedmassenteile (Polydactylie) bei den Amphibien. Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.

— Sind die Extremitäten der Frösche regenerationsfähig? Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.

Bateson, W., Materials for the study of Variation: treated with especial regard to Discontinuity in the Origin of Species. London.

— On two Cases of Colour-variation in the Flat fishes illustrating principles of Symmetry. Proc. Zool. Soc. London.

Beddard, F. E., Animal Coloration: an Account of the principal Facts and Theories relating to the Colours and Markings of Animals. 2. edit. London.

Below, C., Artenbildung durch Zonenwechsel Frankfurt a. M.

Bernard, H. M., Has the Case for Direct Organic Adaptation been fully stated? Nature, Vol. 50.

Born, G., Die künstliche Vereinigung lebender Teilstücke von Amphibien-Larven. Jahresber. Schles. Ges. vaterl. Kult.

Braem, F., Über die Knospung bei mehrschichtigen Tieren, insbesondere bei Hydroiden. Biol. Centralbl. 14. Bd.

— Über den Einfluss des Druckes auf die Zellteilung und über die Bedeutung dieses Einflusses für die normale Eifurchung. Biol. Centralbl. 14. Bd.

Brandes, G., Der Saison-Dimorphismus bei einheimischen und exotischen Schmetterlingen. Zeitschr. f. Naturwiss. Sachs. u. Thür. 66. Bd.

— Schutzfärbung bei Pieriden. Zeitschr. f. Naturwiss. Sachs. u. Thür. 66. Bd.

Clarke, C. B., Zoological regions. Nature, Vol. 50.

Cockerell, T. D. A., Discontinuous colour variation. Nature, Vol. 50.

Cope, E. D., The Origin of Structural Variations. New Occasions, a Magaz. of Social and Industr. Progress. Vol. 2.

— The Energy of Evolution. Amer. Naturalist, Vol. 28.

Crampton, H. E., Reversal of Cleavage in a Sinistral Gastropod (Physa heterostropha). Ann. N.-York Acad. Sc., Vol. 8.

Cuénot, L., L'influence du milieu sur les animaux. Paris.

Cunningham, J. T., The Logic of Weismannism. Nature, vol. 50.

— „Acquired characters". Nature Vol. 51.

— Neuter Insects and Darwinism. Natural Science, Vol. 4.

Dale, C. W., The Melanism Controversy. The Entomologist, Vol. 27.

Dall, W. H., The Mechanical Cause of Folds in the Aperture of the Shell of Gasteropoda. Amer. Naturalist, Vol. 28.

Davenport, C. B., Studies in Morphogenesis. II. Regeneration in Obelia and

its Bearing on Differentiation in the Germ-Plasma. Anat. Anz. 9. Bd.
Dixey, F. A., On the Phylogeny of the Pierinae as illustrated by their wing-markings and geographical distribution. Trans. Entom. Soc. London.
— On Mr. Merrifield's Experiments on Temperature-Variation as bearing on theories of Heredity. Trans. Entom. Soc. London.
Driesch, H., Analytische Theorie der organischen Entwickelung. Leipzig.
Ehlers, E., Die Schnabelbildung von Heteralocha acutirostris (Gould). Abhandlungen K. Ges. Wiss. Göttingen. 39. Bd.
Endres, H., Über Anstichversuche an Froscheiern. 72. Jahresber. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur.
Engel, Pfarrer Dr., Über kranke Ammoniten-Formen im schwäbischen Jura. Nova Acta Acad. Caes. Leop. Carol. 61. Bd.
Emery, C., Entstehung und Ausbildung des Arbeiterstandes bei den Ameisen. Biol. Centralbl. 14. Bd.
— Gedanken zur Descendenz- und Vererbungstheorie. VI. H. Fabre's Beobachtungen und die Entstehung der Instinkte. VII. Zur Entstehung und Bedeutung der Knospung bei Metazoen. Biol. Centralbl. 14. Bd.
Fano, G., La physiologie dans ses rapports avec la chimie et avec la morphologie. Revue Scientif. (4.) T. 2.
Francotte, P., Quelques essais d'embryologie pathologique expérimentale. Bull. Ac. R. Sc. Belg. (3.) T. 27.
Fritze, A., Über Saison-Dimorphismus und -Polymorphismus bei japanischen Schmetterlingen. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. B. 8. Bd.
Fry, E., What are acquired characters? Nature, Vol. 51.
— „Acquired characters". Nature, Vol. 51.
Garth, W., Zwei Fälle von Hermaphroditismus verus bei Schweinen. Giessen.
Gasco, F., Nell' Axolotl lo sviluppo normale dell' uova ed il sesso sono al tutto indipendenti dal numero dei nemaspermi insinuatici nella sferva vitellina. Monit. Zool. Ital. 5. Ann.
Gebhardt, W., Über die Bastardierung von Rana esculenta mit Rana arvalis. Inaug.-Diss. Breslau.
Giard, A., Évolution des êtres organisés. Sur certains cas de dédoublement des courbes de Galton, dus au parasitisme et sur le dimorphisme d'origine parasitaire. C. R. Ac. Sc. Paris, T. 118.
Gibson, G., On cytological Differences in Homologous Organs. Rep. 63. Meet. Brit. Assoc.
Gilchrist, J. D. F., On the function and correlation of the Pallial Organs of Opisthobranchia. Rep. 63. Meet. Brit. Assoc.
Gilchrist, J. D. F., Beiträge zur Kenntnis der Anordnung, Korrelation und Funktion der Mantelorgane der Tectibranchiata. Jena. Zeitschr. f. Naturwiss. 28. Bd. (N. F. 21. Bd.)
Graf, A., Eine rückgängig gemachte Furchung. Zool. Anz. 17. Jhg.
Gratacap, L. P., The numerical intensity of Faunas. Amer. Naturalist, Vol. 28
Griffiths, G. C., Asymmetry of Markings in the Uraniidae. Entom. Monthly Mag. (2.) Vol. 5.
Grönberg, G., Beiträge zur Kenntnis der polydactylen Hühnerrassen. Anat. Anz. 9. Bd.
Gurney. J. H., On the partial assumption by female Birds of male plumage. The Zoologist. (3.) Vol. 18.
Haacke, W., R. v. Lendenfeld's Kritik der Gemmarienlehre. Biol. Centralbl. 14. Bd.
— Die Vererbung erworbener Eigenschaften. Biol. Centralbl. 14. Bd.
— Die stammesgeschichtliche Verschiebung der Längenverhältnisse von Arm und Bein beim Menschen. Biol. Centralbl. 14. Bd.
— Die Formenphilosophie von Hans Driesch und das Wesen des Organismus. Biol. Centralbl. 14. Bd.
— Über Schöpfung und Wesen der Organismenform. Naturwissensch. Wochenschrift, IX. Bd.
Haeckel, E., Systematische Phylogenie. 1. Teil. (Protisten und Pflanzen.) Berlin.
Henslow, G., The Origin of Species without the Aid of Natural Selection. Natural Science, Vol. 5.
Herbst, C., Über die Bedeutung der Reizphysiologie für die causale Auffassung von Vorgängen in der thierischen Ontogenese. I. und II. Biol. Centralbl. 14. Bd.
Hertwig, O., Zeit- und Streitfragen der Biologie. Heft I. Präformation oder Epigenese? Grundzüge einer Entwicklungstheorie der Organismen. Jena.
— Über den Einfluss äusserer Bedingungen auf die Entwicklung des Froscheies. Sitzungsber. k. preuss. Akad. d. Wiss. Berlin.
Hicks, H., The Homes and Migrations of the earliest known Forms of Animal Life, as indicated by Recent Researches. Natural Science. Vol. V.
His, W., Über mechanische Grundvorgänge tierischer Formbildung. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt.
Hjort, J., Beitrag zur Keimblätterlehre

und Entwicklungsmechanik der Ascidienknospung. Anat. Anz. 10. Bd.

Hofer, B., Ein Krebs (Astacus fluviatilis) mit einer Extremität statt eines Stielauges. Verhdlgn. d. deutsch. Zool. Ges. 4. Vers.

Jefferys, T. B., Notes on Melanism. The Entomologist. Vol. 27.

Kane, W. F. de V., The Melanism Controversy. The Entomologist. Vol. 27.

Keller, J., Die ungeschlechtliche Fortpflanzung der Süsswasserturbellarien. Jena. Zeitschr. f. Naturwiss. 28. Bd. (N. F. 21. Bd.)

Klebs, G., Über das Verhältnis des männlichen u. weiblichen Geschlechts in der Natur. Jena.

Knaggs, H. G., „Controlling the sexes." Entom. Monthly Mag. (2.) Vol. 5.

Knauthe, K., Einfluss der Nahrung auf Färbung. Zeitschr. für Naturwissenschaften, Sachs. u. Thür. 67. Bd.

Kochs, W., Giebt es ein Zellleben ohne Mikroorganismen? Biol. Centralbl. 14. Bd.

Kofoid, C. A., On some laws of cleavage in Limax. Proc. Amer. Acad. Sc. Vol. 29.

Kunckel d'Herculais, J., Observations sur l'hypermétamorphose ou hypnodie chez les Cantharidiens. C. R. Ac. Sc. Paris, T. 118.

Lankester, E. R., Acquired Characters. Nature, Vol. 51.

Lataste, F., À propos d'une Note de Mr. Rémy St. Loup intitulée „Sur les modifications de l'espèce." Actes Soc. Scientif. Chili, T. 3.

Lendenfeld, R. v., Haacke's Gemmarientheorie. Biol. Centralbl., 14. Bd.

Loeb, J., Über eine einfache Methode, zwei oder mehr zusammengewachsene Embryonen aus einem Ei hervorzubringen. Arch. f. d. ges. Physiol. 55. Bd.

— Über die relative Empfindlichkeit von Fischembryonen gegen Sauerstoffmangel und Wasserentziehung in verschiedenen Entwicklungsstadien. Arch. f. d. ges. Physiol. 55. Bd.

Maas, O., The Effect of Temperature on the Distribution of Marine Animals. Natural Science, Vol. 5.

Mann, G., Heredity and its Bearings on the Phenomena of Atavism. Proc. R. Phys. Soc. Edinb. Vol. 12.

Mari, M., De spermatogonii regeneratione in Telphusa fluviatili Latr. Zool. Res, Ann. I.

Marx, G., Degeneration by disuse of certain organs in Spiders. Proc. Entom. Soc. Washington, Vol. 3.

Matschie, P., Die afrikanischen Wildpferde als Vertreter zoogeographischer Subregionen. Zool. Garten, 35. Jhg.

Merriam, C. H., Laws of temperature control the geographical distribution of terrestrial Animals and Plants. Nat. Geogr. Mag. Vol. VI.

Merrifield, F., Temperature Experiments in 1893 on several species of Vanessa and other Lepidoptera. Trans. Entom. Soc. London. 1894.

Miles, M., Limits of Biological Experiments. Amer. Naturalist, Vol. 28.

— Animal Mechanics. Amer. Naturalist, Vol. 28.

Mingazzini, P., Sulla degenerazione sperimentale delle uova nella Rana esculenta. Monit. Zool. Ital. 5. Ann.

Minot, C. S., Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen. Deutsche Ausgabe. Leipzig.

Mitchell, P. C., Hertwig's „Preformation or New Formation". Natural Science, Vol. 5.

— The Spencer-Weismann Controversy. Nature, Vol. 49.

Nehring, A., Über Kreuzungen von Cavia aperea und Cavia cobaya. Sitzungsber. Ges. Nat. Fr. Berlin.

— Kreuzungen von zahmen und wilden Meerschweinchen, Cavia cobaya und Cavia aperea. Zool. Garten, 35. Jhg.

Nicéville, L. de, Über die Lebensgeschichte gewisser Satyrinen-Arten von Calcutta mit speziellem Bezug auf den von ihnen behaupteten Saisondimorphismus. Dazu: 1. A. Seitz, Nicéville über den Saisondimorphismus bei indischen Faltern. 2. A. Seitz, Nachwort zu Nicéville's Aufsatz. Stettin. Entom. Zeit. 54. Jhg.

Ornstein, B., Noch einmal über die Vererbungsfrage individuell erworbener Eigenschaften. Correspbl. deutsch. Ges. f. Anthrop.

Osborn, H. F., From the Greeks to Darwin: an Outline of the Development of the Evolutional Idea. Vol. I. London.

— Alte und neue Probleme der Phylogenese. (Bericht über 1893.) Ergebnisse der Anat. u. Entwicklungsg.

Packard, A. S., On the Inheritance of acquired characters in Animals with a complete metamorphosis. Proc. Amer. Acad. Arts and Sc.

Patten, W., Artificial Modification of the Segmentation and Blastoderm of Limulus polyphemus. Zoolog. Anz. 17. Jhg.

Pearson, K., Contributions to the Mathematical Theory of Evolution. Proc. Roy. Soc. London. Vol. 54.

Pérez, J., De quelques particularités de la reproduction parthénogénésique du Ver à soie. Actes Soc. Linn. Bordeaux, Vol. 47.

Pérez, J., Anomalies provenant d'une influence maternelle. Actes Soc. Linn. Bordeaux. Vol. 47.
Pfeffer, G., Die Umwandlung der Arten, ein Vorgang funktioneller Selbstgestaltung. Hamburg.
— Die inneren Fehler der Weismann'schen Keimplasma-Theorie. Hamburg.
Piana, G. P., Ricerche sulla polidactilia acquisita determinata sperimentalmente nei Tritoni e sulle code sopranumerarie nelle Lacertole. Ric. Labor. Anat. norm. Roma, Vol. 4.
Pompeckj, J. F., Über Ammonoideen mit „anormaler Wohnkammer." Jahreshefte. Ver. vaterl. Naturk. Württbg. 50. Jhg.
Poulton, E. B., Experimental Proof, that the Colours of certain Lepidopterous Larvae are largely due to modified Plant Pigments. Proc. Roy. Soc. London, Vol. 54.
— „Acquired characters." Nature, Vol. 51. No. 1307 and 1310.
Pricolo, A., Influenza della costituzione chimica molecolare sulla forma degli animali. Pisa.
Quatrefeges, A. de, Les Emules de Darwin. Paris.
Reh, L., Zur Frage nach der Vererbung erworbener Eigenschaften. Biolog. Centralbl. 14. Bd.
Riley, C. V., Social Insects from Psychical and Evolutional Points of View. Proc. Biol. Soc. Washington. Vol. 9.
Ritzema Bos, Untersuchungen über die Folgen der Zucht in engster Blutsverwandtschaft. Biol. Centralbl. 14. Bd.
Romanes, G. J., Panmixia. Nature, Vol. 49 and 50.
Roux, W., Einleitung. Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.
— Über den „Cytotropismus" der Furchungszellen des Grasfrosches (Rana fusca). Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.
— Die Methoden zur Erzeugung halber Froschembryonen und zum Nachweis der Beziehung der ersten Furchungsebene des Froscheies zur Medianebene des Embryo. Anat. Anz. 9. Bd.
— Über Hertwig, Zeit- und Streitfragen der Biologie. I. Präformation oder Epigenese? Götting. gel. Anz.
Rothschild, Hon. W., On Albino Swallows and Wheatears. Novit. Zool. Tring, Vol. I.
Rückert, J., Zur Eireifung bei Copepoden. Anat. Hefte, 1. Abt. XII. Hft.
Ryder, J. A., The Correlations of the Volumes and Surfaces of organisms. Contrib. Zool. Labor. Univ. Pennsylv. Vol. 1.
— The Growth of Euglena viridis, when Constrained Principally to two Dimensions of Space. Contrib. Zool. Labor. Univ. Pennsylv. Vol. 1.
Saint-Loup, R., Sur le groupement des éléments pigmentaires dans le pelage des Mammifères. Mém. Soc. Zool. France, T. 7.
Salisbury, The Marquis of, Evolution: a Retrospect. Oxford.
Schewiakoff, W., Über die geographische Verbreitung der Süsswasser-Protozoen. Mém. Acad. Imp. Sc. St. Pétersbourg. (7.) T. 41.
Schröder, C., Entwicklung der Raupenzeichnung und Abhängigkeit der letzteren von der Farbe der Umgebung. Berlin.
Schulze, O., Die künstliche Erzeugung von Doppelbildungen bei Froschlarven mit Hilfe abnormer Gravitationswirkung. Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.
— Über die Bedeutung der Schwerkraft für die organische Gestaltung sowie über die mit Hilfe der Schwerkraft mögliche Erzeugung von Doppelmissbildungen. Verhdlgn. phys.-med. Ges. Würzburg. 28. Bd.
— Über die unbedingte Abhängigkeit normaler tierischer Gestaltung von der Wirkung der Schwerkraft. Verhandlungen anat. Ges. 8. Vers.
— Über die Einwirkung niederer Temperatur auf die Entwicklung des Frosches. Anat. Anz. 10. Bd.
Scott, W. B., On Variations and Mutations. Amer. Journ. Sc. (3.) Vol. 48.
Sedgwick, A., On the Law of Development commonly known as von Baer's Law; and on the Significance of Ancestral Rudiments in Embryonic Development. Quart. Journ. Micr. Sc., Vol. 36.
Seitz, A., Allgemeine Biologie der Schmetterlinge. III. Tl. Fortpflanzung. Zool. Jahrbb., Abt. f. System. 7. Bd.
Servier, La vie et disparation des espèces animales et végétales. Revue Scientif. (4.) T. 1.
Sharp, W. E., The New Entomology. The Entomologist, Vol. 27.
Shipp, J. W., On an unusual number of monstrosities occurring in Eros (Platycis) minutus F. The Entomologist, Vol. 27.
South, R., Abnormal Example of Zygaena trifolii. Entomologist, Vol. 28.
Spencer, H., Die Unzulänglichkeit der „natürlichen Zuchtwahl". Biol. Centralblatt. 14. Bd.
— Weismannism once more. Reprinted from the Contemporary Review with a Postscript. London.

Standfuss, M., Die Beziehungen zwischen Färbung und Lebensgewohnheit bei den palaearktischen Grossschmetterlingen. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich, 39. Jhg.
Stanley, H. M., Instinctive Attitudes. Nature, Vol. 50.
Steinmetz, Die Regeneration eines Froschbeines. 22. Jahresber. Westfäl. Prov.-Ver.
Thompson, H., Correlation of certain External Parts of Palaemon serratus. Proc. Roy. Soc. London, Vol. 55.
Tornier, G., Ein zoophyletisches Entwicklungsgesetz. Verhdlgn. der Anat. Ges. 8. Vers.
— Über das Fussgewölbe in seinen Hauptmodifikationen. Sitzungsber. Ges. Nat. Fr. Berlin.
— Über die Fussknochen-Variation, ihre Entstehungsursachen und Folgen. Sitzungsber. Ges. Naturf. Fr. Berlin.
— Das Entstehen der Gelenkformen. Arch. f. Entwicklungsmech. 1. Bd.
Varigny, H. de, Recherches sur le nanisme expérimental; contribution à l'étude de l'influence du milieu sur les organismes. Journ. de l'Anat. et de la Physiol. T. 30.
Voigt, Die ungeschlechtliche Fortpflanzung der Turbellarien. Biol. Centralblatt. 14. Bd.
Vries, H. de, Über halbe Galton-Kurven. Ber. deutsch. bot. Ges.
Wallace, A. R., On Malformation from Pre-natal influence of the Mother. Rep. 63. Meet. Brit. Assoc.
— What are zoological regions? Nature, Vol. 49.
— Panmixia and Natural Selection. Nature, Vol. 50.
— Rev. George Henslow on Natural Selection. Natural Science, Vol. 5.
Weldon, W. F. R., Panmixia. Nature, Vol. 50.
— On certain correlated variations in Carcinus maenas. Proc. Roy. Soc. London, Vol. 54.
Weismann, A., Äussere Einflüsse als Entwicklungsreize. Jena.
Westhoff, F., Der Stand der Vererbungsfrage. 22. Jahresber. Westfäl. Prov.-Ver.
— Der Melanismus. 22. Jahresber. Westfäl. Prov.-Ver.
Wildeman, E. de, Sur le thermotaxisme des Euglènes. Bull. Soc. Belg. de Microsc. 20. Année. 1893/94.
Wolff, G., Bemerkungen zum Darwinismus mit einem experimentellen Beitrag zur Physiologie der Entwicklung. Biol. Centralbl., 14. Bd.
Wolfgramm, A., Die Einwirkung der Gefangenschaft auf die Gestaltung des Wolfsschädels. Zool. Jahrbb. Abt. f. System. 7. Bd.
Zennek, J., Die Anlage der Zeichnung und deren physiologische Ursache bei Ringelnatterembryonen. Zeitschr. f. wiss. Zool. 58. Bd.
Ziegler, H. E., Über Furchung unter Pressung. Verhandlungen. anat. Ges. 8. Vers.

1893.

Baur, G., G. Jäger und die Theorie von der Continuität des Keimprotoplasmas. Zool. Anz. 16. Jhg.
Driesch, H., Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft. Leipzig.
Haacke, W., Gestaltung und Vererbung. Leipzig.
— Die Schöpfung der Tierwelt. Leipzig.
— Über die Entstehung des Säugetieres. II. Biol. Centralbl. 13. Bd.
Orr, A Theory of Development and Heredity. London.
Osborn, H. F., Present problems in Evolution and Heredity. Smithson. Report f. 1892.
Pfeffer, G., Über die Umwandlung der Arten auf Grund des Überlebens eines verschieden gearteten Durchschnitts je nach dem Wechsel der Lebensbedingungen. Verhdlgn. deutsch. zool. Ges. 3. Vers.
Weismann, A., Die Allmacht der Naturzüchtung. Jena.

1892.

Arndt, R., Biologische Studien. I. Das biologische Grundgesetz. Greifswald.
Dreyer, F., Ziele und Wege biologischer Forschung, beleuchtet an der Hand einer Gerüstbildungsmechanik. Jena.
Weismann, A., Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung. Jena.
— Aufsätze über Vererbung und verwandte biologische Fragen. Jena.

1891.

Driesch, H., Die mathematisch-mechanische Betrachtung morphologischer Probleme der Biologie. Eine kritische Studie. Jena.
Pfeffer, G., Versuch über die erdgeschichtliche Entwickelung der jetzigen Verbreitungsverhältnisse unserer Tierwelt. Hamburg.
Weismann, A., Amphimixis oder die Vermischung der Individuen. Jena.

1890.

Ettingshausen, Frhr. v. und Krašan, Untersuchungen über Ontogenie und Phylogenie der Pflanzen auf paläontologischer Grundlage. Denkschr. math.-naturw. Kl. K. Acad. Wiss. Wien. 57.

Lendl, A., Hypothese über die Entstehung von Soma- und Propagationszellen. Berlin.

Platt-Ball, Are the effects of use and disuse inherited? London.

1889.

Dolbear, On the Organisation of Atomes and Molecules. Journ. Morph.

Eimer, G. H. T., Die Artbildung und Verwandtschaft bei den Schmetterlingen. Eine systematische Darstellung der Abänderungen, Abarten und Arten der Segelfalterähnlichen Formen der Gattung Papilio. Jena.

Vries, H. de, Intracellulare Pangenesis. Jena.

Wagner, M., Die Entstehung der Arten durch räumliche Sonderung. Basel.

Weismann, A., Über die Hypothese einer Vererbung von Verletzungen. Jena.

1888.

Eimer, G. H. T., Die Entstehung der Arten auf Grund von Vererben erworbener Eigenschaften nach den Gesetzen organischen Wachsens. Ein Beitrag zur einheitlichen Auffassung der Lebewelt. Erster Teil. Jena.

Ettingshausen, Frhr. v., u. Krašan, Beiträge zur Erforschung der atavistischen Formen an lebenden Pflanzen und ihrer Beziehungen zu den Arten ihrer Gattung. II. Folge. Denkschr. math.-naturw. Kl. K. Acad. Wiss. Wien. 55.

Fürbringer, M., Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel. Amsterdam u. Jena.

Haacke, W., Über die Entstehung des Säugetiers. I. Biol. Centralbl. 8. Bd.

— Das Endergebnis aus Weismanns Schrift „Über die Zahl der Richtungskörper und über ihre Bedeutung für die Vererbung". Biol. Centralbl. 8. Bd.

— Zur Erläuterung meines Artikels über Weismanns Richtungskörpertheorie. Biol. Centralbl. 8. Bd.

1887.

Haacke, W., Die Radiärtiernatur der Seeigel. Biol. Centralbl. 7. Bd.

— Seeigelgewohnheiten, Tiefseefauna u. Paläontologie. Biol. Centralbl. 7. Bd.

Hertwig, O. und R., Untersuchungen zur Morphologie und Physiologie der Zelle. Heft 5. Über den Befruchtungs- und Teilungsvorgang des tierischen Eies unter dem Einfluss äusserer Agentien. Jena.

Kölliker, A., Der jetzige Stand der morphologischen Disciplinen mit Bezug auf allgemeine Fragen. Jena.

Weismann, A., Über die Zahl der Richtungskörper und über ihre Bedeutung für die Vererbung. Jena.

1886.

Gautier, A., Du mécanisme des êtres vivants. Paris.

Geddes, A Theory of Growth, Reproduction, Sex and Heredity. Proc. Roy. Soc. Edinburgh.

Haacke, W., Bioekographie, Museenpflege und Kolonialtierkunde. Jena. Zeitschr. f. Naturw. 19. Bd.

— Der Nordpol als Schöpfungszentrum der Landfauna. Biol. Centralbl. 6. Bd.

— Biologie, Gesammtwissenschaft und Geographie. Biol. Centralbl. 6. Bd.

Hallez, Pourquoi nous ressemblons à nos parents? Paris.

Weismann, A., Die Bedeutung der sexuellen Fortpflanzung für die Selektionstheorie. Jena.

1885.

Cope, E. D., On Catagenesis, Proc. Amer. Assoc. Advancem. Sc. 33.

Haacke, W., Über die Farbe der Tiefseekrabben, gekochten Krebse und Paguren. Biol. Centralbl. 5. Bd.

— Über Standortsvarietäten der südaustralischen Littorina unifasciata. Zool. Anz. 8. Bd.

— Über die ursprünglichen Grundzahlen der Medusen und Echinodermen. Zool. Anz. 8. Bd.

— Über Helotes scotus und Eimers Theorie der Tierzeichnungen. Zool. Anz. 8. Bd.

Hertwig, O. und R., Untersuchungen zur Morphologie und Physiologie der Zelle. Heft 4. Experimentelle Untersuchungen über die Bedingung der Bastardbefruchtung. Jena.

Maggi, L, Sulla distinzione morfologica degli organi degli animali. Rev. di R. Istitut. Lombard. di Sc. e Lett.

Weismann, A., Die Continuität des Keimplasmas als Grundlage einer Theorie der Vererbung. Jena.

1884.

Düring, Die Regulierung d. Geschlechtsverhältnisse. Jena.

Hertwig, O. und R., Untersuchungen zur Morphologie und Physiologie der Zelle. Heft 2. Welchen Einfluss übt die Schwerkraft auf die Teilung der Zellen? Von O. Hertwig. Jena.

Naegeli, C. v., Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. München.

Weismann, A., Über Leben und Tod. Jena.

1883.

Béchamp, Les Microzymas. Paris.
Brooks, The Law of Heredity. Baltimore.

1882.

Danilewsky, A. J., Über die organoplastischen Kräfte der Organismen. Arb. nat. Ges. Petersburg. XVI.

1881.

Haeckel, E., Metagenese und Hypogenese von Aurelia aurita. Jena.
Weismann, A., Über die Dauer des Lebens. Jena.

1880.

Haacke, W., Zur Blastologie der Gattung Hydra. Jena. Zeitschr. f. Naturw. 14. Bd.

1879.

Haacke, W., Zur Blastologie der Korallen. Jena. Zeitschr. f. Naturw. 13. Bd.
Jaeger, G., Zur Pangenesis. Kosmos.

1878.

Haeckel, E., Über die Individualität des Tierkörpers. Jena. Zeitschr. f. Naturw. 12. N. F. 5.
Jaeger, G., Allgemeine Zoologie. 2. Bd. Leipzig.
— Physiologische Briefe über Vererbung. Kosmos, 1. Bd.

1876.

Elsberg, On the Plastidule Hypothesis. Proc. Amer. Assoc. Advancem. Sc.
Haeckel, E., Die Perigenesis der Plastidule. Berlin.
Jaeger, G., Zoologische Briefe. Wien.

1875.

Galton, F., A Theory of Heredity. Contemp. Review.
Goette, A., Entwickelungsgeschichte d. Unke. Leipzig.
Haeckel, E., Ziele und Wege der heutigen Entwickelungsgeschichte. Jena.
His, W., Unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung. Leipzig.
Schmankewitsch, Über das Verhältnis der Artemia salina (Miln. Edw.) zur A. Mühlhauseni (Schaef.) und dem Genus Branchipus. Zeitschr. f. wiss. Zool.

1874.

Elsberg, Regeneration or the preservation of organic molecules. Proc. Amer. Assoc. Advancem. Sc.
Haeckel, E., Anthropogenie. Leipzig.

1873.

Fol, H., Die erste Entwickelung des Geryonideneies. Jena. Zeitschr. f. Naturwiss. 7.

1872.

Bois-Reymond, E. du, Über d. Grenzen des Naturerkennens. Leipzig.
Haeckel, E., Die Kalkschwämme. 3 Bde. Berlin.
Kölliker, A., Anatomisch-systematische Beschreibung der Alcyonarien. Frankfurt a. M.

1868.

Haeckel, E., Natürliche Schöpfungsgeschichte. Berlin.

1866.

Haeckel, E., Generelle Morphologie d. Organismen. 2 Bde.

1864.

Baer, K. E. von, Reden und Studien aus dem Gebiete der Naturwissenschaften. St. Petersburg. 1864—67.
Spencer, H., Principles of Biology.

1828.

Baer, K. E. v., Über Entwickelungsgeschichte der Tiere. Königsberg 1828—1837.

1824.

Chevreul, Considérations générales sur l'analyse organique et ses applications. Paris.

1810.

Buffon, Histoire naturelle. 10. Paris.

1809.

Lamarck, J., Philosophie Zoologique. Paris.

1794.

Darwin, E., Zoonomia or the Laws of organic Life. 2 Vol. London. 1794—96.

1781.

Blumenbach, Über den Bildungstrieb und das Zeugungsgeschäft.

1776.

Bonnet, C., Considérations sur les corps organisés. 2 Vol. Amsterdam.

1774.

Wolff, C. F., Theoria generationis. Halle a. S.

1748.

Maupertuis, Vénus physique. Dissertation physique à l'occasion du nègre blanc.

Register.

I. Autorenregister.

II. Tier- und Pflanzennamenregister.